www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

17e JAARGANG No. 9, blz. 249-280 SEPTEMBER 1955

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

EEN ONTVANGER VOOR DE RADIOSTRALING VAN INTERSTELLAIRE WATERSTOF

I. HET ONDERZOEK VAN DE WATERSTOFSTRALING

door C. A. MULLER *).

552.6:621.396.9

De radioastronomie is een nieuwe tak van de sterrenkunde, die, juist voor de tweede wereldoorlog geboren, zich verrassend snel ontwikkeld heeft. Het radioastronomisch onderzoek kan nu reeds bogen op resultaten van ver strekkende betekenis, die het astronomische wereldbeeld op vele punten aanzienlijk hebben verbeterd en verscherpt. De instrumenten waarvan de waarnemende radioastronoom zich bedient, zijn voor het merendeel van electronische aard. In Nederland is onder leiding van de auteur, medewerker van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg, een ontvanginstallatie ontwikkeld voor het onderzoek van de zg. radiospectraallijn bij een golflengte van 21 cm, uitgezonden door de in de interstellaire ruimte aanwezige waterstofatomen. Deze ontvanger, die momenteel in Kootwijk is opgesteld, is bestemd voor een in aanbouw zijnde „radiosterrenwacht" in Dwingelo. In het onderstaande artikel, het eerste van twee die aan de ontvanger zullen zijn gewijd, worden de astronomische achtergrond van de radiostraling uit de wereldruimte, de aard en de eigenschappen van deze straling, en de eisen waaraan de ontvanger moet voldoen, besproken. Het tweede artikel zal een gedetailleerde beschrijving van de ontvangerschakelingen bevatten.

Radiostraling uit de wereldruimte

Een van de belangrijkste ontdekkingen in de sterrenkunde van deze eeuw is de waarneming van radiostraling van buitenaardse oorsprong. Deze straling, in 1931 bij toeval waargenomen door Jansky in de Verenigde Staten, werd een aantal jaren later voor het eerst min of meer systematisch onderzocht door de amateur Reber. Pas na de tweede wereldoorlog werd het onderzoek met kracht ter hand genomen, het eerst in Australië en in Engeland. Momenteel wordt de radioastronomie in een aantal instituten, verspreid over de gehele wereld, intensief beoefend.

Voor de ontvangst van de radiostraling zijn instrumenten nodig die wel zeer aanzienlijk afwijken van de gebruikelijke optische instrumenten waarvan de astronoom zich bedient. Het toeval heeft ook hier de helpende hand geboden. Na afloop van de tweede wereldoorlog bevonden zich in vele landen radarinstallaties die geen dienst meer behoefden te doen. Deze bleken zeer geschikt om als ontvangers voor de hoogfrequente radiostraling waar het hier om gaat, te dienen. Zo werd in Nederland door de P.T.T. een achtergebleven Duitse radarantenne van 7,5 m diameter overgebracht naar Kootwijk-Radio en naderhand tijdelijk ter beschikking gesteld van de „Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg". Deze Stichting, waarin vertegenwoordigd zijn de P.T.T., de sterrenwachten van Leiden, Utrecht en Groningen benevens die van België (door een gedelegeerde), het K.N.M.I. in De Bilt en het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, is opgericht met het doel de radiostraling uit de wereldruimte te bestuderen. Het werk van de Stichting wordt gesubsidieerd door de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.). Een groep onderzoekers van deze Stichting is momenteel werkzaam in Kootwijk ter verkrijging van zoveel mogelijk waarnemingen, welke uitgewerkt worden op de sterrenwacht in Leiden. Binnenkort zal een nieuwe parabolische

*) Hoofd van de Groep Waarnemingen van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg, Kootwijk-Radio.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

reflector met een diameter van 25 m, die gebouwd wordt in de buurt van Dwingelo, in gebruik worden genomen. Deze antenne zal in alle richtingen beweegbaar zijn en een automatisch volgmechanisme bezitten. In Dwingelo zullen bovendien nog twee parabolische antennes van 7,5 m diameter worden opgesteld.

Niet alle radiostraling uit de wereldruimte kan het aardoppervlak bereiken: de atmosfeer heeft een „radiovenster" tussen ca. 1 cm en 20 m. Straling van golflengte korter dan 1 cm of langer dan 20 m wordt in de atmosfeer vrijwel volledig geabsorbeerd resp. door de ionosfeer gereflecteerd. Toch is het radiovenster zeer breed (8 tot 10 octaven) vergeleken met het nauwe „optische venster": de aardatmosfeer laat „toevallig" ook juist het zichtbare spectraalgebied door, maar dit beslaat slechts ongeveer 1 octaaf (3700 Å-8000 Å). Hier treedt een van de redenen van het grote belang van het radio-onderzoek aan het licht.

Het bleek al spoedig, dat de intensiteit van de straling in verschillende golflengtegebieden van het radiovenster verschillend was; men kan dus spreken van het spectrum van de radiostraling. Optische sterspectra, bijv. dat van de zon, vertonen steeds grote aantallen spectraallijnen, corresponderend met atomaire overgangen, welke lijnen zich aftekenen tegen de achtergrond van het continue emissiespectrum, dat hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door het invangen van electronen door waterstofatomen. Het radiospectrum is vermoedelijk slechts een continu emissiespectrum; discrete atomaire of moleculaire overgangen behorend bij frequenties in het radiogebied hebben nl. een geringe waarschijnlijkheid. Het gevolg is dat de hiermee corresponderende spectraallijnen op aarde niet waargenomen kunnen worden. Reeds in 1944 had echter de Nederlandse astronoom Van de Hulst [1]) gewezen op de mogelijkheid van de waarneembaarheid van toch minstens één discrete spectraallijn in het radiogebied, nl. bij een golflengte van 21 cm. Straling van deze golflengte wordt uitgezonden door de zeer ijle waterstofwolken, die zich tussen de sterren in bevinden en die, tezamen met eveneens zeer ijle stofwolken („rookwolken"), de zogenaamde interstellaire materie vormen.

Wegens de zeer geringe dichtheid kan in de interstellaire ruimte de waterstof in atomaire of geïoniseerde vorm bestaan. Tot voor kort kon men slechts het waterstofgas in de nabijheid van zeer hete sterren waarnemen, waar het vrijwel volledig geioniseerd is. Het vangen van electronen door de waterstofionen geeft daar o.a. aanleiding tot het ontstaan van zichtbare spectraallijnen en een continuum. Over de physische toestand van de veel uitgestrektere gebieden van neutrale waterstof had men slechts langs indirecte weg iets kunnen concluderen. Van de Hulst kon aannemelijk maken dat er een niet te verwaarlozen waarschijnlijkheid bestaat, dat een zeer bepaalde overgang in het waterstofatoom, waarbij een stralingsquantum met de genoemde golflengte vrij komt, op aarde waarneembaar zou zijn. Dat dit kan, is een typische illustratie van de dimensies waarin de astronoom zich vermeit. Een willekeurig H-atoom vertoont deze overgang slechts ongeveer eens in de 11 miljoen jaar; bovendien is de dichtheid van het interstellaire gas buitengewoon gering, van de orde van 1 atoom per cm^3 (1 cm^3 waterstof van 1 atmosfeer druk bevat bij kamertemperatuur ca. $2{,}5 \times 10^{19}$ atomen). Daar echter de waterstofwolken zich over ontzaglijke gebieden uitstrekken — zij zijn door het gehele melkwegstelsel, met een equatoriale diameter van 10^{23} cm, verspreid —, is het op aarde uit bepaalde richtingen opgevangen vermogen van de interstellaire waterstofstraling toch nog juist waarneembaar.

Een uitgebreid onderzoek naar deze spectraallijn werd op verschillende plaatsen ingesteld, en in 1951 werd hij vrijwel gelijktijdig in de Verenigde Staten, in Kootwijk en in Australië inderdaad gevonden [2]).

Deze ontdekking was van nauwelijks te beseffen gewicht: nu was een mogelijkheid geschapen om de structuur van het melkwegstelsel te onderzoeken, volgens een methode die veel directer was dan de tot nu toe gevolgde methodes. Wij komen hierop in het volgende hoofdstuk terug.

De intensiteit van de waterstofstraling is zeer zwak; het opgevangen vermogen is vele malen (10 tot 1000 ×) geringer dan het ruisvermogen dat in de ontvanger zelf wordt geproduceerd. De opgevangen straling heeft het karakter van ruis, evenals de ontvangerruis. De gemiddelde waarde van de intensiteit is een functie van de frequentie, met een uitgesproken maximum nabij 1420 MHz, corresponderend met de golflengte 21,1 cm.

Het ruiskarakter van de interstellaire radiostraling, dwz. de statistische variaties in de intensiteit ervan die in verloop van tijd optreden, is op zichzelf niets bijzonders. Het wordt veroorzaakt

[1]) H. C. van de Hulst, Ned. T. Natuurk. **11**, 201, 1945.

[2]) H. I. Ewen en G. M. Purcell; C. A. Muller en J. H. Oort; J. L. Pawsey; allen in Nature **168**, 356-358, 1951. De toen in Kootwijk gebruikte versterker was ontwikkeld in samenwerking met Dr. F. L. H. M. Stumpers van het Natuurkundig Laboratorium der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

doordat de bronnen der straling, dwz. de waterstofatomen, onafhankelijk van elkaar hun straling emitteren. Het aantal atomen waarin per tijdseenheid een overgang plaatsvindt, en dat daardoor een stralingsquantum uitzendt, fluctueert dan statistisch in de tijd, en daardoor fluctueert ook het op aarde ontvangen vermogen. Ook de optische straling die wij van de hemellichamen ontvangen, ja zelfs in het algemeen die welke van aardse oorsprong is, moet in feite, om dezelfde reden, met de naam ruis worden aangeduid. Slechts bepaalde kunstmatig opgewekte stralingen, zoals bijv. die van een radiozender, hebben een constante, vrijwel niet fluctuerende intensiteit, en kunnen bijv. met de naam signaal worden aangeduid om hen van ruis te onderscheiden.

In de optische sterrenkunde produceert gewoonlijk de opvangapparatuur (bijv. een fotocel) slechts relatief weinig ruis, hoogstens ongeveer evenveel als het opgevangen ruisvermogen. Veelal gebruikt men een fotografische plaat; door de lange belichtingstijd wordt dan de invloed van het ruiskarakter der straling volledig geëlimineerd. In de radiosterrenkunde is de intensiteit van de ontvangen straling, vooral bij korte golven, klein ten opzichte van de ontvangerruis. Dit geldt ook voor de straling bij 21,1 cm, en betekent dat de ontvangerruis bepalend is voor de meetnauwkeurigheid. In beginsel kan men de invloed hiervan verminderen door lange integratietijden toe te passen, wat betekent dat de metingen veel tijd vergen. In de practijk wordt dit beperkt door de onvermijdelijke instabiliteit van de ontvangereigenschappen. Men is dan ook gedwongen gecompliceerde maatregelen te nemen om de invloed hiervan te verminderen of te elimineren.

Door de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg, en wel speciaal door de werkgroep in Kootwijk, is een ontvang- en versterkinstallatie ontwikkeld waarin getracht is het onderste uit de kan te halen. Deze ontvanger willen wij hier beschrijven. Alvorens hiertoe over te gaan, willen wij nog kort ingaan op enkele bij het onderzoek van de waterstofstraling tot nu toe behaalde resultaten, ten einde de lezer een indruk te geven van het vele dat met deze nieuwe methode van onderzoek reeds is bereikt en van de verwachtingen die men van dit onderzoek zal mogen koesteren.

Enkele resultaten van het radioastronomisch onderzoek bij 21 cm golflengte

Zoals reeds vermeld, leveren waarnemingen van de interstellaire waterstoflijn voornamelijk gegevens over de structuur van het melkwegstelsel. Het melkwegstelsel bestaat uit zeer vele sterren (in totaal ca. 10^{11}), die zijn verdeeld in de ruimte ongeveer volgens een afgeplatte schijf met een diameter van ca. 30 000 parsec (1 parsec $\approx$ 3 lichtjaren = 3×10^{18} cm), en een gemiddelde dikte van ongeveer 1000 parsec (*fig. 1*). Deze schijf roteert om een as door zijn centrum loodrecht op het melkwegvlak, de rotatietijd in de buurt van de zon bedraagt ongeveer 200 millioen jaar. Niet alleen sterren maken deel uit van het melkwegstelsel, ook interstellaire

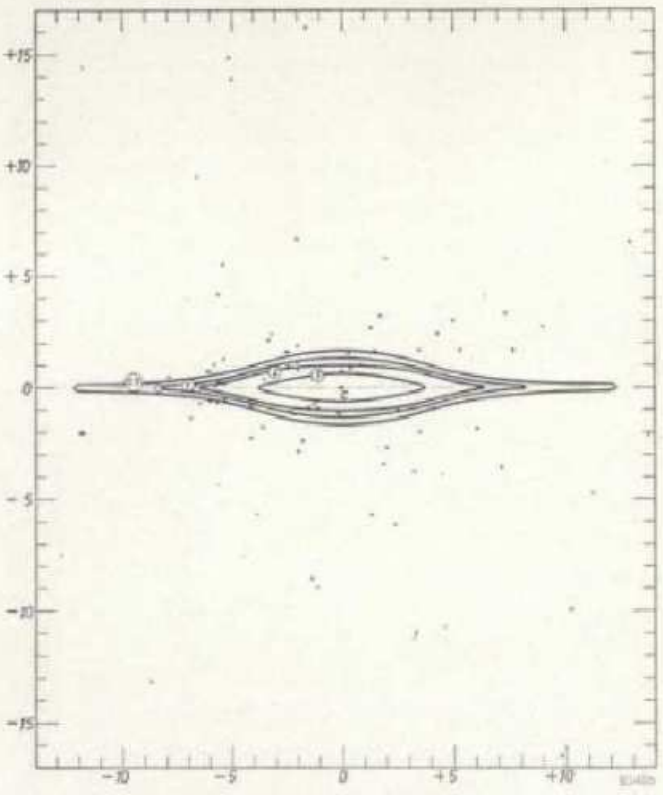


Fig. 1. Schematische doorsnede van het melkwegstelsel loodrecht op het equatorvlak. De zon is aangegeven door het open cirkeltje, het centrum door *C*. De interstellaire materie is aangeduid door de smalle gearceerde band; de getrokken lijnen zijn lijnen van gelijke dichtheid (aangegeven door de getallen, nabij de zon is de dichtheid = 1 gesteld). Het geheel roteert om een as door *C* loodrecht op het equatorvlak. Schaal: 1 eenheid = 1000 parsec.

materie is aanwezig, en wel wat massa betreft ongeveer evenveel. De dichtheid der materie in het melkwegstelsel is niet homogeen; sterren komen vaak in groepen (sterhopen) voor, waarvan de leden te onderscheiden zijn van de andere sterren doordat ze bijv. alle nagenoeg dezelfde beweging uitvoeren, en ook de interstellaire materie is in wolken geconcentreerd. Bepaalde objecten bevinden zich bij voorkeur nabij het equatorvlak van de melkweg, andere daarentegen neemt men slechts op hoge „galactische breedte" waar. Gas- en stofwolken zijn bijv. steeds in de buurt van het equatorvlak te vinden. Dit is een enigszins ongelukkige omstandigheid, daar deze wolken door hun lichtverstrooiende werking een groot gedeelte van het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

melkwegstelsel voor ons verduisteren. De zon, dus de aarde, bevindt zich nl. ook in het equatorvlak en wel op grote afstand van het centrum. De absorberende materie maakt dat wij de streek om het centrum optisch in het geheel niet kunnen waarnemen, wij kunnen alleen indirecte gevolgtrekkingen maken over hoe het er daar uitziet, uit waarnemingen van objecten in de buurt van de zon en uit waarnemingen op hogere galactische breedte, waarbij wij langs het centrum heen kijken. Richting en afstand van het centrum zijn dan ook niet zeer nauwkeurig te bepalen.

Het is duidelijk dat de langs optische weg te verkrijgen conclusies over de structuur van het melkwegstelsel daardoor noodzakelijk vaag moeten zijn. De eerste min of meer gedetailleerde resultaten stammen van zeer recente onderzoekingen en hebben noodzakelijkerwijs slechts betrekking op de onmiddellijke nabijheid van de zon. Zij leidden tot enkele aanwijzingen omtrent het bestaan van een spiraalstructuur, zoals die in vele melkwegstelsels buiten het onze zeer vaak optreedt, maar die men in ons eigen stelsel nog niet had kunnen aantonen.

Radiostraling heeft veel minder van absorptie door de interstellaire materie te lijden dan licht. De absorptie door het interstellaire stof (dat op dit punt verreweg de voornaamste rol speelt, het interstellaire gas absorbeert in het algemeen slechts weinig) is gering, terwijl de optische straling juist in zeer grote mate door het stof wordt verstrooid. De oorzaak hiervan is, dat de diameter van de stofdeeltjes van de orde van de golflengte van het licht is. De radiogolven zijn zeer veel langer, en „spoelen" daardoor vrijwel ongehinderd om de stofdeeltjes heen. Het is dan ook mogelijk op aarde bronnen van radiostraling waar te nemen die zich vrijwel aan de tegenovergestelde zijde van het melkwegstelsel bevinden.

Uit de waarneming van andere melkwegstelsels (spiraalnevels), zoals bijv. de Andromedanevel er een is, is gebleken dat de interstellaire materie bij voorkeur voorkomt in de eventuele spiraalarmen. In ons eigen melkwegstelsel zal dit waarschijnlijk eveneens het geval zijn. De concentratie van de materie naar het equatorvlak van de melkweg wijst daar trouwens reeds op. Dank zij de geringe absorptie, waardoor het mogelijk is de waterstofstraling tot op grote afstanden waar te nemen, lijkt het dus mogelijk door het bestuderen van deze straling nadere inlichtingen te verkrijgen over de structuur van het melkwegstelsel als geheel. Te dien einde is een uitgebreide kartering van de intensiteit en van de andere karakteristieke eigenschappen der 21 cm-straling over de gehele hemel vereist. Het resultaat van zulk een kartering, zoals die o.a. in Kootwijk is en wordt uitgevoerd, levert een indruk van de verdeling der waterstofwolken over de verschillende richtingen in het melkwegstelsel, van de zon uit gezien. Dit is echter nog niet voldoende, ook de afstand waarvandaan de straling in een gegeven richting wordt ontvangen, dient bekend te zijn. Ter bepaling van deze afstand werd door Oort en medewerkers [3]) een elegante methode gevolgd. Deze berust op de differentiële galactische rotatie, het verschijnsel dat de hoeksnelheid waarmede het melkwegstelsel roteert van binnen naar buiten afneemt. Dit heeft tot gevolg dat een waterstofwolk, in een gegeven richting gezien, louter door de differentiële rotatie een snelheidscomponent naar ons toe of van ons af kan bezitten. In *fig. 2* is de situatie in het equatorvlak van het melkwegstelsel geschetst. Zij V_0 de omloopsnelheid van de zon om het centrum C van het melkwegstelsel, in lineaire maat uitgedrukt.

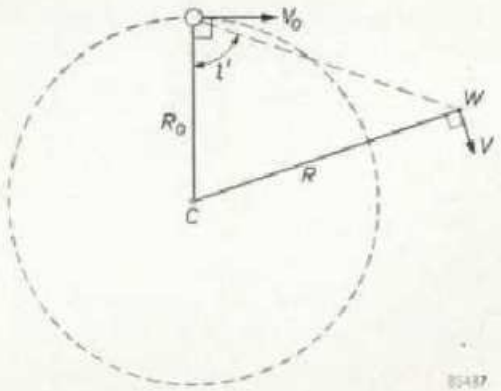


Fig. 2. Ter illustratie van het verband tussen differentiële galactische rotatie en radiële snelheid.

De afstand van de zon tot het centrum zij R_0. Een waterstofwolk W bevinde zich op een afstand R van het centrum; de hoek waaronder hij vanuit de zon (dus ook vanuit de aarde) wordt waargenomen, zij l' (de richting van het centrum correspondeert met $l' = 0$, l' hangt met de galactische lengte l samen volgens $l' = l - 327{,}5°$). De omloopsnelheid van de wolk zij V. De component van deze snelheid in de gezichtsrichting is dan $V \cdot R_0/R \cdot \sin l'$, de component van de omloopsnelheid van de zon in de richting van de wolk bedraagt $V_0 \sin l'$, en de „radiële snelheid" van de wolk ten gevolge van de differentiële rotatie is dus:

$$V_{\text{rad}} = \left(\frac{V}{R} - \frac{V_0}{R_0}\right) R_0 \sin l'.$$

[3]) H. C. van de Hulst, C. A. Muller en J. H. Oort, Bull. Astr. Inst. Neth. 12, No. 452, 117, 1954. Zie voor een eenvoudiger exposé: H. C. van de Hulst, Observatory 73, 129, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info
11/14/2023

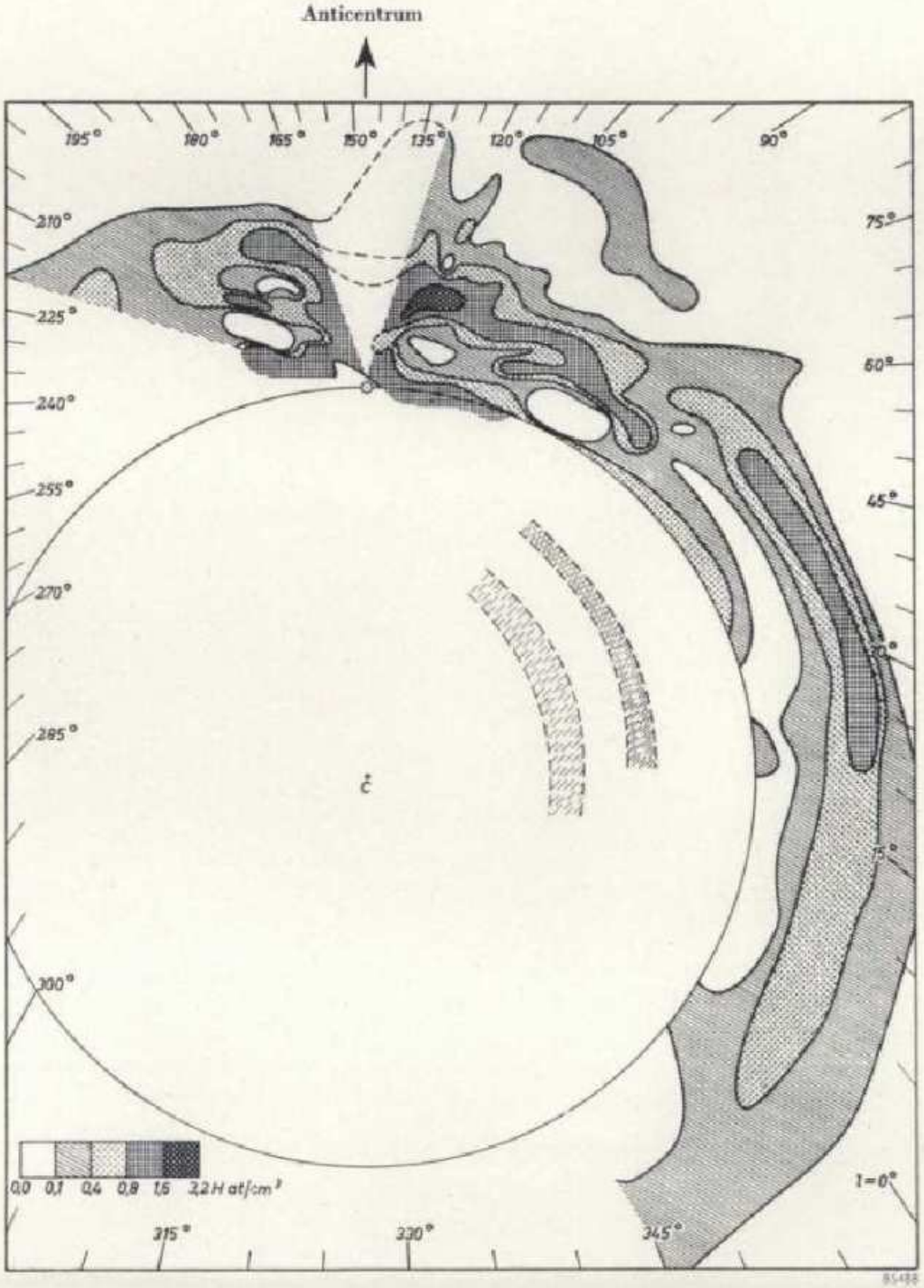


Fig. 4. Verdeling van de interstellaire waterstof in het equatorvlak van de melkweg (schematisch). De getallen langs de rand geven de galactische lengte l aan, het centrum is aangeduid door C, de zon door een cirkeltje. De waterstofdichtheid wordt aangegeven door de arcering (zie schaal links onder). De spiraalarmen tekenen zich duidelijk af. Waarnemingen van spiraalarmen die dichter bij het melkwegcentrum liggen dan de zon, zijn door gestippelde contouren aangegeven. (Ontleend aan [3]) en [4])). Tussen $l = 130°$ en $l = 165°$ is het effect van de differentiële rotatie zo gering dat de metingen niet voldoende nauwkeurig zijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands
Not for sale!

www.freeservicemanuals.info

In hoeksnelheden ω resp. ω_0 uitgedrukt:

$$V_{\text{rad}} = (\omega - \omega_0)\, R_0 \sin l'. \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

(Een relatieve snelheid van ons af wordt als een positieve snelheid aangeduid.) In de richting van het centrum en daar tegenover (anticentrum) is V_{rad} steeds gelijk aan nul, voor tussenliggende richtingen echter niet, daar wegens de differentiële rotatie $\omega \neq \omega_0$ als $R \neq R_0$. Het verband tussen ω en R is uit statistische onderzoekingen bij benadering bekend en dus kan men, als men V_{rad} voor een wolk bepaald heeft, de afstand van de wolk tot het centrum en daarmee ook tot de zon, schatten.

De radiële snelheid nu kan men inderdaad vinden als men het lijnprofiel van de ontvangen 21 cm-lijn in detail nagaat. Deze lijn is nl. niet scherp, dwz. ook op nabijgelegen golflengten wordt nog straling ontvangen, en het centrum van de lijn ligt in het algemeen niet precies bij 21 cm. De oorzaak hiervan is het Dopplereffect: het bestaan van een radiële snelheid heeft tot gevolg dat de waargenomen golflengte λ' van een spectraallijn afwijkt van de werkelijke λ in de verhouding

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = 1 + \frac{V_{\text{rad}}}{c}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

waarin c de lichtsnelheid voorstelt. Als V_{rad} positief is (object beweegt van ons af), schijnt de lijn bij een grotere golflengte te liggen, is V_{rad} negatief (object beweegt naar ons toe), dan bij een kleinere golflengte.

Indien wij slechts één waterstofwolk in de gezichtslijn waarnamen, en indien deze wolk in zijn geheel slechts aan de rotatie van het melkwegstelsel meedeed en geen eigenbeweging bezat, zou de waargenomen spectraallijn scherp blijven en alleen verplaatst worden. Uit de verplaatsing kon dan direct V_{rad} berekend worden. De wolken hebben echter wel eigenbewegingen, met een gemiddelde snelheid van 8 km/sec, en daardoor is de lijn niet scherp, doch vertoont ze een vrij breed profiel. *Fig. 3* geeft enkele profielen van de waargenomen 21 cm-lijn in verschillende richtingen. In de richting van het centrum ($l' = 0$) en het anticentrum ($l' = 180°$), overeenkomend met de galactische lengten $l = 327{,}5°$

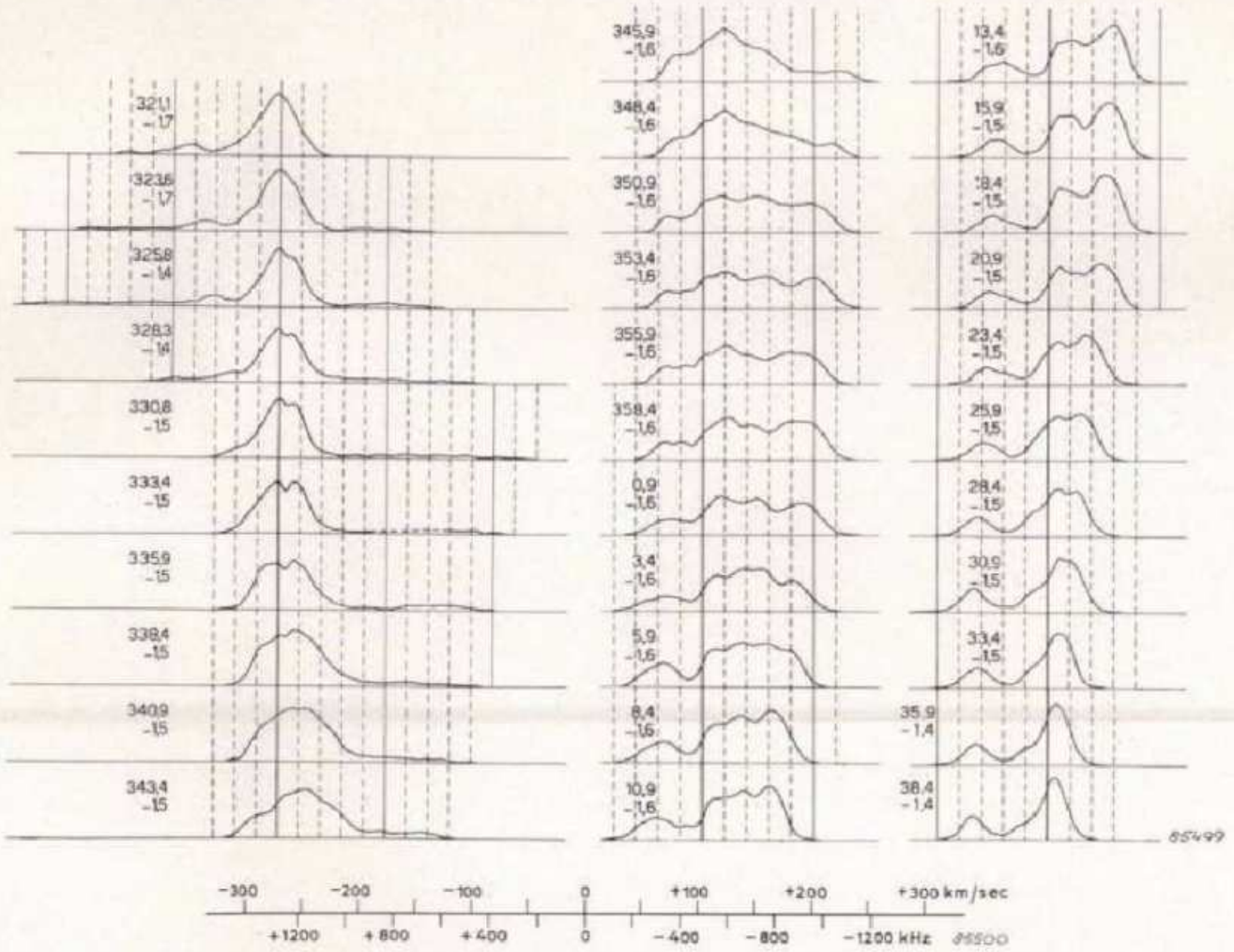


Fig. 3*a*. Lijnprofielen van de waterstofspectraallijn bij 21 cm, voor richtingen tussen 320° en 40° galactische lengte, dwz. nabij het galactisch centrum ($l = 327{,}5°$). De afwijkingen van het ideale profiel (zoals dat in de richting van het centrum zelf wordt gevonden) berusten op het Dopplereffect ten gevolge van de differentiële rotatie. Ter interpretatie der profielen dient de schaal onderaan de figuur; deze geeft tevens het verband tussen radiële snelheid en frequentieverschuiving.

Digitized in Heiloo

11/14/2023

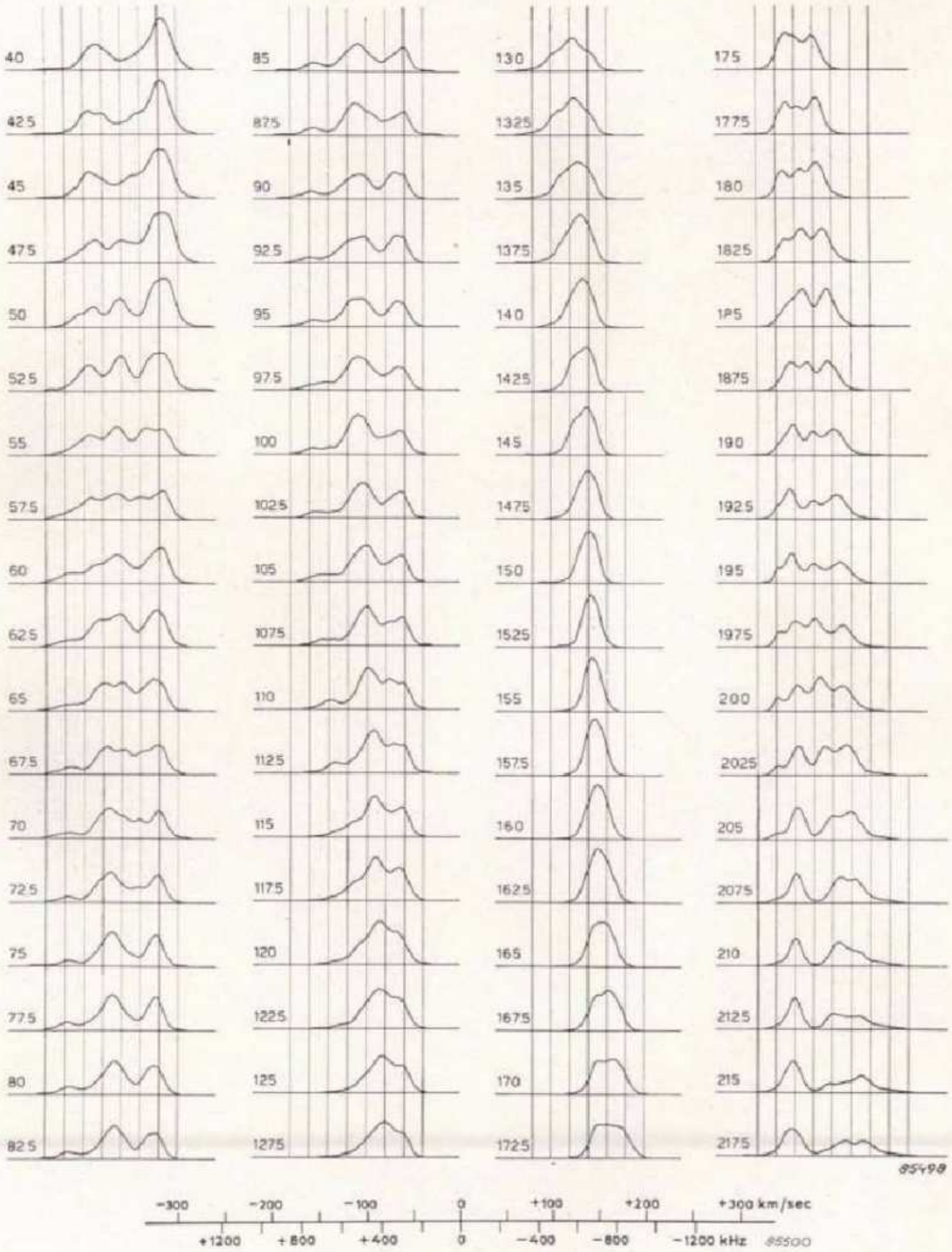


Fig. 3*b*. Als fig. 3*a*, nu voor de overige richtingen in het equatorvlak van de melkweg. Het ideale profiel treedt ook op in de richting van het anticentrum ($l = 147{,}5°$).

the Netherlands

Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en $l = 147{,}5°$, is dit profiel vrijwel symmetrisch; de differentiële rotatie heeft daar geen radiële snelheid ten gevolge. In tussenliggende richtingen is het profiel daarentegen asymmetrisch. Het zwaartepunt van de „lijn" is verschoven en soms zelfs vertoont de lijn duidelijk twee of drie maxima. Correctie van de asymmetrische profielen voor de eigenbeweging, zoals die bijv. volgt uit de profielen bij $l' = 0$ en $l' = 180°$, levert de mogelijkheid uit de zwaartepunten van de gecorrigeerde profielen de invloed van de differentiële rotatie af te leiden, en daarmee de afstanden van de wolken of wolkencomplexen die voor de straling verantwoordelijk zijn. Het optreden van meer maxima wijst op het bestaan van verscheidene gebieden waarin wolken voorkomen die zich, in de desbetreffende richting, op verschillende afstanden van de zon bevinden.

De verdeling van de wolken die op deze wijze wordt gevonden, kan in kaart worden gebracht. Hierbij wordt een beeld verkregen zoals in *fig. 4* is geschetst [3]). De interstellaire waterstof is in de gearceerde gebieden geconcentreerd, en het is duidelijk dat deze gebieden geheel het karakter van spiraalarmen dragen. De metingen geven helaas minder ondubbelzinnige uitkomsten zodra het gaat om het gebied van het melkwegstelsel dat zich dichterbij het centrum bevindt dan de zon; er zijn dan nl. steeds twee mogelijke plaatsen langs de gezichtsrichting waar de wolk zich kan bevinden en het is zeer moeilijk tussen beide mogelijkheden te onderscheiden. Toch zijn ook hier aanwijzingen voor het bestaan van een spiraalstructuur gevonden, die in fig. 4 gestippeld is aangegeven.

Het radioastronomisch onderzoek heeft aldus wel op overtuigende wijze de vermoedens bevestigd waartoe het optische onderzoek naar het bestaan van een eventuele spiraalstructuur aanleiding heeft gegeven.

Het is hier niet de plaats dieper in te gaan op de vele andere fraaie resultaten die de radioastronomie (en niet alleen die tak ervan die zich met de waterstofstraling bezighoudt) ons in de weinige jaren van haar bestaan reeds heeft geleverd. Wij zwijgen over het onderzoek van de continue straling, die ons o.a. een indruk geeft van de verdeling van de materie in het melkwegstelsel in het algemeen en niet alleen van het interstellaire gas, wij spreken ook niet over het onderzoek van de zon, die eveneens radiostraling uitzendt (die voornamelijk uit de corona afkomstig is). Keren wij na deze inleiding liever terug tot een beschrijving van de radiotechnische grondslagen van de ontvanger in Kootwijk.

Eigenschappen van straling en antenne

Het doel van het onderzoek is de stralingsintensiteit van de waterstofstraling als functie van de plaats aan de hemel en de frequentie te meten. In de radiosterrenkunde wordt de intensiteit van de ontvangen straling gewoonlijk uitgedrukt in een temperatuurmaat. Men denkt zich de ontvangen energie afkomstig van een gesloten omhulsel dat de antenne omgeeft, en geeft de absolute temperatuur op die dit omhulsel zou moeten hebben opdat het, in het (smalle) frequentiegebiedje van de bandbreedte van de ontvanger, bij de gebruikte frequentie, hetzelfde stralingsvermogen aan de antenne zou leveren als uit de interstellaire ruimte wordt ontvangen. In een dergelijk systeem bestaat stralingsevenwicht tussen antenne en omhulsel, en de temperaturen van beide zijn gelijk. Men spreekt dan ook van de „antennetemperatuur". Deze temperatuur zou overeenkomen met de kinetische gastemperatuur van de waterstofwolken, indien de wolken als een zwarte straler straalden (wat o.a. afhangt van de dikte van de gaslaag) en de antenne alleen maar straling van de wolken ontving. Volgens diverse metingen bedraagt de kinetische gastemperatuur ca. 125 °K. De hoogste gemeten „antennetemperatuur" bedraagt ongeveer 110 °K. Hiermee komt, bij een bandbreedte van de ontvanger van 40 kHz, een ruisvermogen van $6 \cdot 10^{-17}$ watt overeen. (In het gebied der radiofrequenties geldt de wet van Rayleigh-Jeans, die aangeeft dat de stralingsintensiteit van een zwarte straler evenredig is met de temperatuur ervan en met het kwadraat van de frequentie). Met de te beschrijven ontvanger kunnen temperatuurverschillen van 1 °K, overeenkomend met verschillen in vermogen van $5 \cdot 10^{-19}$ watt, nog worden gemeten.

Het verband tussen „waargenomen" intensiteitsverdeling (dus van de antennetemperatuur) en de „ware" intensiteitsverdeling hangt af van de richtingskarakteristiek van de gebruikte antenne (het antennepatroon). Het antennepatroon geeft de gevoeligheid van de antenne voor ontvangst uit verschillende richtingen, en bestaat gewoonlijk uit een „hoofdlob" en enkele kleinere „zijlobben" (*fig. 5*). De waargenomen stralingsintensiteit moet voor dit antennepatroon gecorrigeerd worden, hetgeen in de practijk erop neerkomt dat de waargenomen antennetemperatuur een gemiddelde is van de ware temperatuurverdeling over de halfwaardebreedte van de hoofdlob (vgl. fig. 5). De fijnste details in de richtingsverdeling die nog kunnen worden gemeten, worden dus geheel bepaald door *deze* halfwaardebreedte.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het richtingsdiagram van een parabolische reflector wordt vrijwel geheel bepaald door buigingsverschijnselen. Volgens de theorie is de halfwaardebreedte van de hoofdlob (in radialen) dan gegeven door:

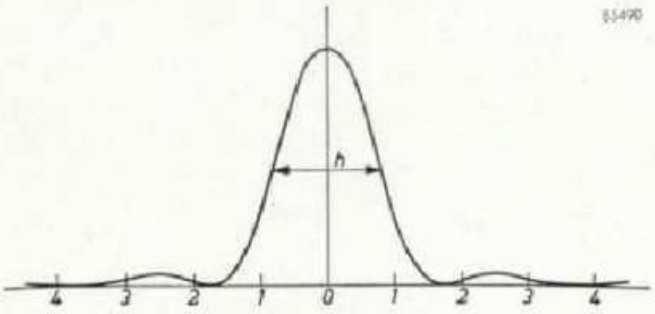


Fig. 5. Schematisch richtingsdiagram van een parabolische antenne. h is de halfwaardebreedte van de „hoofdlob".

$$\varphi \approx \lambda/D,$$

waarin λ de golflengte van de straling en D de diameter van de spiegel is. Dit geldt niet alleen voor een radiospiegel, ook voor optische spiegels is een dergelijke formule van kracht. Daar in dit laatste geval de golflengte ongeveer een factor 10^5 kleiner is, en de diameters van de grootste gebruikte spiegels in beide gevallen tot nu toe niet meer dan een factor 10 verschillen, betekent dit dat het scheidend vermogen van een radiokijker 10000 tot 100000 × slechter is dan dat van een optische kijker. Hier ontmoeten wij een van de bezwaren aan het radioastronomisch onderzoek verbonden.

De tegenwoordig in Kootwijk gebruikte reflector is een met metaalgaas bespannen omwentelingsparaboloïde met een diameter van 7,5 meter en een brandpuntsafstand van 1,70 meter (*fig. 6*). In het brandpunt van deze „spiegel" is het eigenlijke ontvangantennetje, een halvegolfdipool, gemonteerd. Met de antenne verbonden is een waarnemingsruimte, die tijdens de horizontale draaiing van de antenne meebeweegt. Ook in verticale zin is de antenne draaibaar, de instelnauwkeurigheid bedraagt in beide richtingen 0,1°. Dit is ruim voldoende, aangezien de halfwaardebreedte van de hoofdlob van het antennediagram in beide hoofdrichtingen (volgens dipoolas en loodrecht daarop) resp. 1,9° en 2,7° bedraagt.

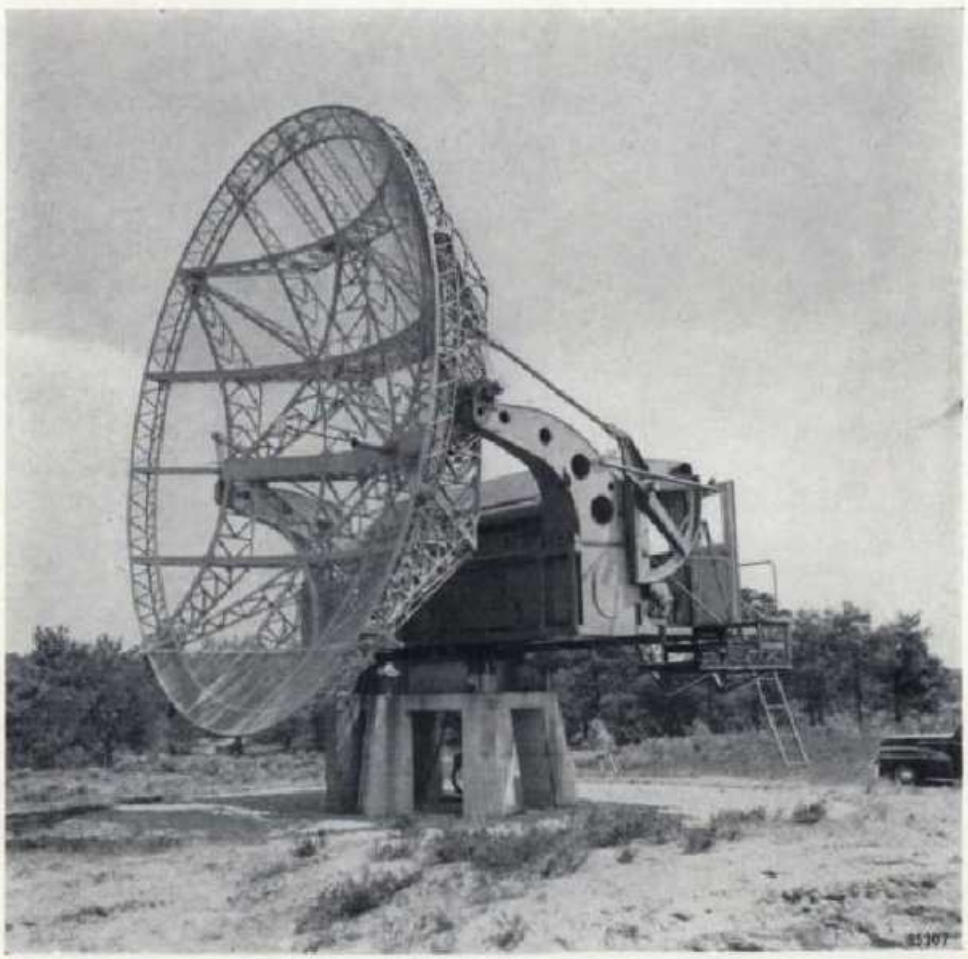


Fig. 6. De parabolische antenne in Kootwijk. Het spiegeloppervlak wordt gevormd door metaalgaas, dat op de foto niet goed zichtbaar is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De frequentie waarbij de waterstofspectraallijn wordt uitgezonden, is uit laboratoriummetingen nauwkeurig bekend [4]), zij bedraagt:

$$f_0 = 1420{,}4056 \text{ MHz}.$$

De theoretisch, op grond van de temperatuurbeweging der waterstofatomen in een wolk, te verwachten lijnbreedte (halfwaardebreedte van het lijnprofiel) is ca. 5 kHz. Ten gevolge van de in de inleiding vermelde invloed van het Dopplereffect vindt men echter in de practijk gecompliceerde profielen, waarvan de breedte varieert tussen 0,05 en 1 MHz (vgl. fig. 3). Bovendien is in het algemeen

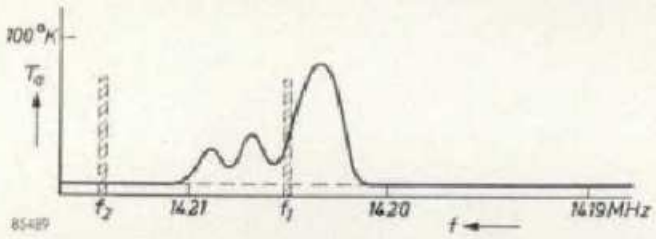


Fig. 7. Schematische voorstelling van een lijnprofiel, dwz. van de gemiddelde intensiteit (uitgedrukt in de antennetemperatuur T_a) van de melkwegstraling als functie der frequentie nabij de 21 cm-lijn.

[4]) E. G. Prodell en P. Kusch, Phys. Rev. **79**, 1009, 1950.

nog een zwakke continue straling van de melkweg aanwezig, waarvan de temperatuur gewoonlijk veel minder dan 10 °K bedraagt, doch die in bepaalde richtingen tot 60 °K kan stijgen. Deze straling is, in het beschouwde nauwe frequentiegebied, als van de frequentie onafhankelijk te beschouwen. Het spectrum van de melkwegstraling ziet er dus (in dit frequentiegebied) in principe uit als in *fig. 7* is geschetst. De fijnste details van dit profiel die nog kunnen worden gemeten, worden bepaald door de bandbreedte van de ontvanger.

Principe van de meetmethode

In principe zou de meting van het profiel van de spectraallijn, zoals dat in fig. 7 is geschetst, het best kunnen plaatsvinden door met een ontvanger met zeer kleine bandbreedte het frequentiegebied van de lijn te doorlopen, en het door de ontvanger versterkte vermogen te registreren. Een belangrijke factor, die het noodzakelijk maakt tot een meer gecompliceerde meettechniek over te gaan, is hierboven reeds genoemd: de intensiteit van de ontvangen straling bedraagt slechts hoogstens enkele procenten van de in de eerste trappen van de versterker opgewekte ruisintensiteit. In verband met het statistisch fluctuerende karakter van de ontvangen straling is het, om de gemiddelde stralings-

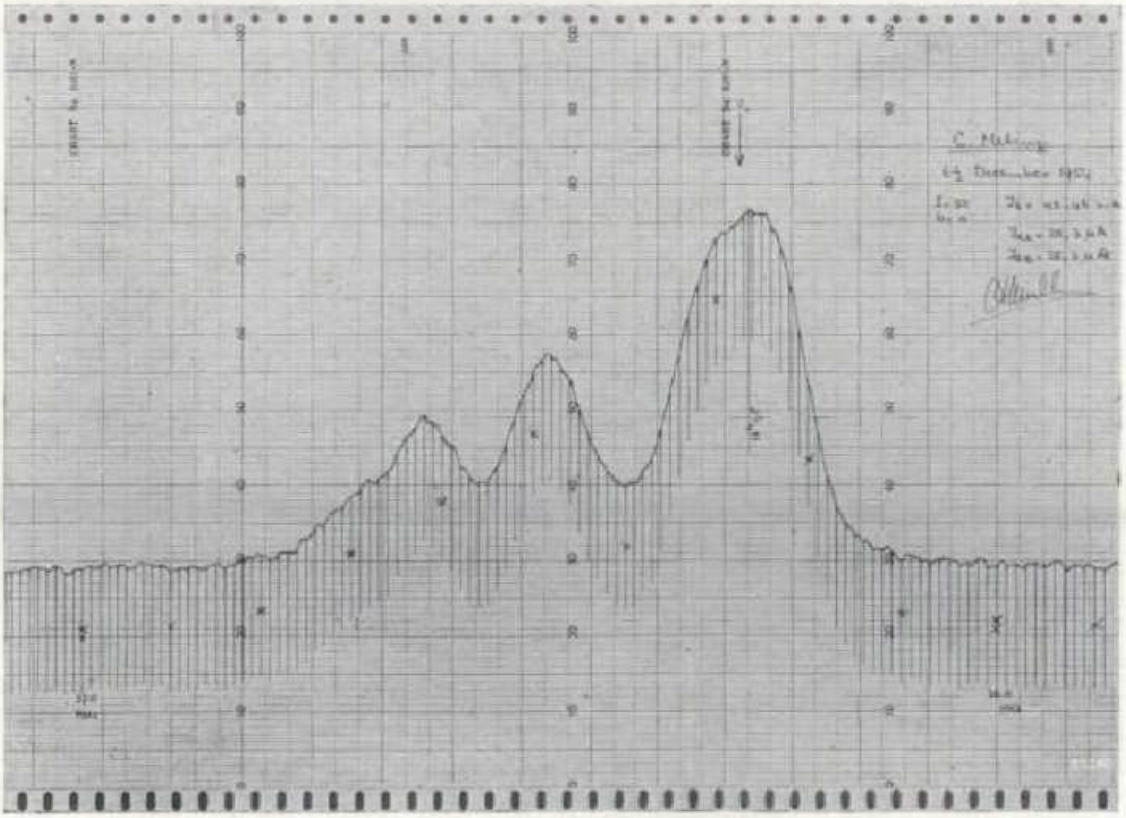


Fig. 8. Voorbeeld van een registratie. De verticale strepen op 10 kHz afstand markeren de frequentie.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

intensiteit bij een bepaalde frequentie met een voldoende meetnauwkeurigheid (1 °K ≈ 0,1% van het eigen ruisvermogen van de ontvanger) te kunnen bepalen, nodig elke meting zeer lang te doen duren. Een volledige aftasting van het interessante frequentiegebied vergt minstens een uur. Het is echter niet, of nauwelijks, doenlijk de eigenschappen van de ontvanger een zo lange tijd voldoende constant te houden. Liever kiest men daarom een meetmethode waarbij de invloed van kleine veranderingen in de versterking automatisch wordt geëlimineerd. Men maakt hierbij gebruik van het feit dat de veranderingen van de ontvangereigenschappen steeds vrij langzaam plaatsvinden. Voert men een bepaalde meting uit binnen de tijd van 0,01 seconde, dan is de ontvanger gedurende die tijd als constant te beschouwen. Uiteraard is de nauwkeurigheid van zo'n korte meting zeer gering. Dit kan echter worden verbeterd door het gemiddelde resultaat van een zeer groot aantal metingen te beschouwen, die men dan bijv. direct na elkaar uitvoert.

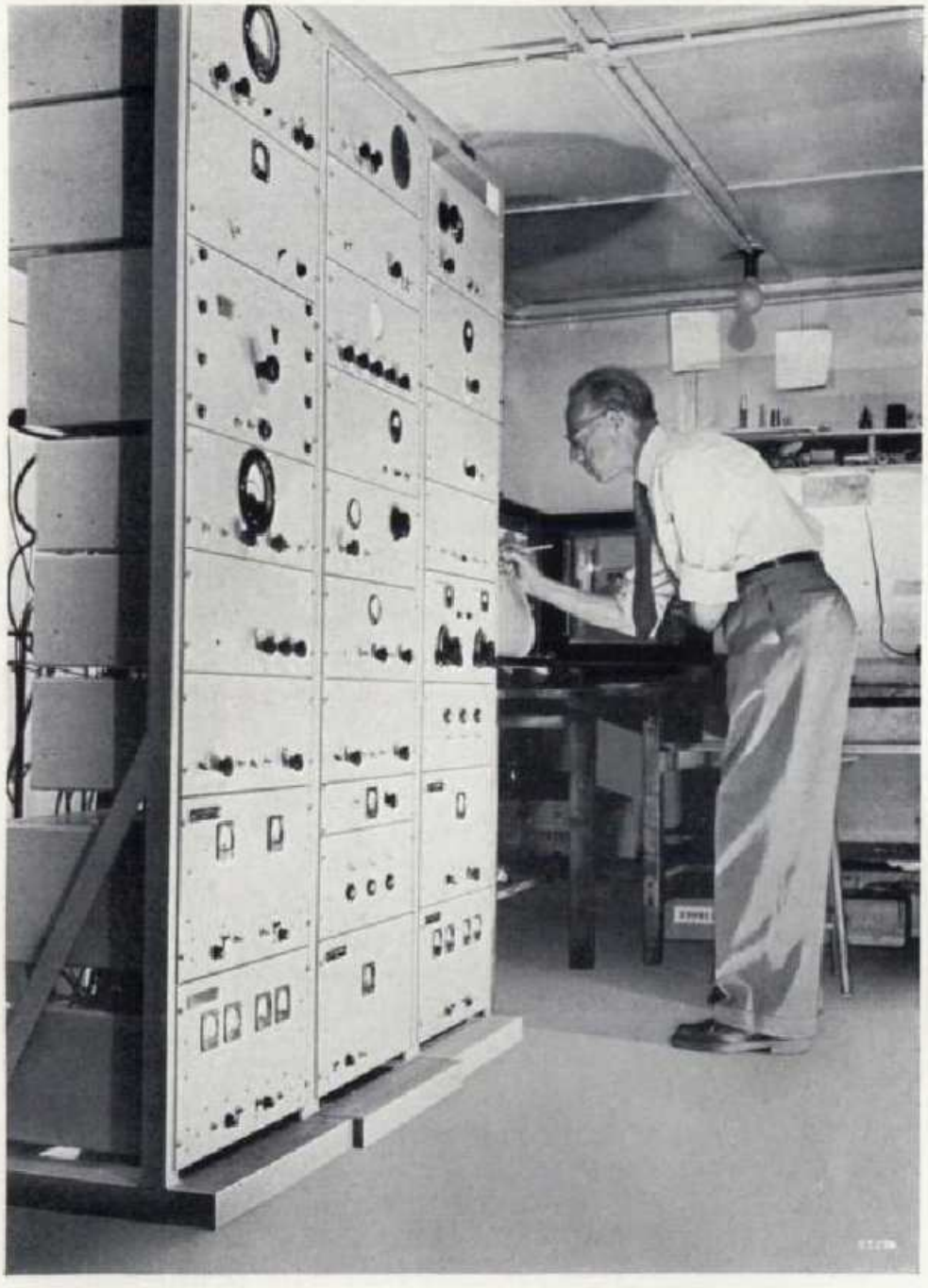


Fig. 9. Het electronische gedeelte van de ontvanginstallatie in Kootwijk.

In onze ontvanger bestaat één meting uit de bepaling van het verschil in uitgangsspanning bij een frequentie f_1 op de spectraallijn en bij

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een frequentie f_2 ernaast. Elke meting vindt plaats in een meetperiode van 1/400 sec; de ontvanger wordt met een schakelfrequentie van 400 Hz heen en weer geschakeld tussen de twee afstemmingen f_1 en f_2 (fig. 7). Om het volledige lijnprofiel te kunnen aftasten, worden beide frequenties met een constant frequentieverschil tezamen langzaam verschoven. Het frequentieverschil kiezen wij zodanig ($\Delta f = 1030$ kHz) dat de vergelijkingsfrequentie f_2 steeds buiten de spectraallijn blijft. Daar het (ruis)signaal op de frequentie f_1 gemiddeld steeds iets groter zal zijn dan dat op de frequentie f_2, treedt dus in de uitgangsspanning na gelijkrichting een kanteelspanning met een frequentie van 400 Hz op, waarvan de amplitude een maat is voor het verschil in ontvangen ruisvermogen op beide frequenties. Met deze methode elimineert men enerzijds, doordat elke meting slechts zeer kort duurt, de invloed van eventuele variaties in de ontvangereigenschappen, anderzijds wordt, doordat men een verschilmethode toepast, de bijdrage van de continue achtergrondstraling van de melkweg onderdrukt. Door van de 400 Hz kanteelspanning slechts de grondharmonische, met een uiterst nauw frequentiegebiedje eromheen, te meten, wordt de invloed van de eigen ruis van de ontvanger in verregaande mate geweerd.

Omdat gedurende elke halve meetperiode de ontvanger naast de spectraallijn is afgestemd, wordt de beschikbare informatietijd maar voor de helft gebruikt, en daardoor wordt de meetnauwkeurigheid met een factor $\sqrt{2}$ verminderd. Om dit te verbeteren, worden in werkelijkheid twee vergelijkingsfrequenties toegepast. Een nadere uiteenzetting hiervan en van de details der schakeling, volgt in het tweede deel van dit artikel.

De amplitude van het 400 Hz uitgangssignaal wordt op een registrerende meter opgetekend; op de papierstrook wordt tevens de frequentie geregistreerd. Een voorbeeld van zulk een registratie laat *fig. 8* zien. *Fig. 9* geeft een beeld van de ontvangapperatuur zoals die momenteel in Kootwijk aanwezig is.

Samenvatting. De radioastronomie is in korte tijd uitgegroeid tot een volwaardig lid van de familie der astronomische waarnemingsmethodes. Na een inleiding over de structuur van het melkwegstelsel en over de rol die de interstellaire waterstof speelt als bron van radiostraling van zeer bepaalde frequentie, wordt zeer in het kort het principe beschreven volgens hetwelk een, door de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg in Kootwijk opgestelde, ontvanger van die straling werkt. De waterstofstraling uit de wereldruimte wordt opgevangen door een antenne in de vorm van een parabolische reflector met een diameter van 7,5 meter. De straling heeft het karakter van ruis en is zeer zwak, vele malen zwakker dan de eigen ruis van de ontvanger; daardoor zijn bijzondere maatregelen vereist om een redelijke meetnauwkeurigheid te behalen. Drukken wij het ontvangen ruisvermogen uit in een met behulp van de wet van Rayleigh-Jeans gedefinieerde temperatuur, dan heeft de maximaal ontvangen straling een temperatuur van ongeveer 110 °K. De bereikte meetnauwkeurigheid is 1 °K, d.i. 0,1 % van het eigen ruisvermogen van de ontvanger.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN NIEUWE FLUORESCENTIELAMP IN EEN SCHAKELING ZONDER STARTER

door W. ELENBAAS en Th. HEHENKAMP.

621.327.534.15

Het feit dat de meeste buisvormige fluorescentielampen een starter nodig hebben en dientengevolge bij het inschakelen enigszins flikkeren voordat ze rustig branden, is een nadeel van deze lampen, die overigens belangrijke voordelen bieden. Bij een nieuwe lamp („TL" M-lamp) met bijbehorend voorschakelapparaat is dit bezwaar opgeheven. Lamp en apparaat zijn zo geconstrueerd dat ook bij lage temperatuur ontsteking verzekerd is.

Inleiding

De laatste jaren is er een algemeen streven te bespeuren om voor fluorescentielampen over te gaan op schakelingen waarbij geen starter gebruikt behoeft te worden. Men wil de lamp sneller en ook rustiger doen ontsteken, en tevens een onderdeel vermijden dat de kans op storingen vergroot. Weliswaar zijn de moderne glimlichtstarters betrouwbaar en gaan ze zeer lang mee, maar de levensduur is nu eenmaal niet onbeperkt. Bovendien is het zonder meetinstrumenten niet altijd gemakkelijk uit te maken of een storing moet worden toegeschreven aan de lamp of aan de starter.

Reeds in de begintijd van de fluorescentielamp heeft men getracht schakelingen zonder starter te vinden. De toen reeds in de handel gekomen uitvoeringsvormen zonder starter bleken echter te veel nadelen te bezitten, zodat ze slechts in beperkte mate zijn toegepast en verschillende ervan dan ook spoedig daarna weer zijn verdwenen. Een voorbeeld hiervan zijn de op beperkte schaal in Amerika gebruikte „Instant-Start" apparaten, die een spanning van circa 450 V leveren voor het ontsteken van de bijbehorende speciale „Instant-Start" 40 W-lampen [1]). Het vermijden van de starter heeft hier als nadelen meegebracht dat het voorschakelapparaat veel groter van afmetingen en hoger van prijs moest worden en grotere verliezen had, en dat men, omdat de lampelectrodes vóór het ontsteken niet werden verwarmd, zijn toevlucht tot een lamp met speciale electrodes moest nemen.

Een ander voorbeeld is het in 1939 door Philips ontwikkelde resonantietoestel (*fig. 1a*) voor een 25 W-lamp [2]). Bij het inschakelen worden de electrodes door een relatief sterke stroom verhit en komt tegelijkertijd een spanning van ca. 350 V (effectieve waarde) over de lamp te staan, waardoor een snelle ontsteking verzekerd is. Om de bezwaren van deze schakeling en de straks te bespreken vereenvoudigingen te verduidelijken, zullen wij hier de werking in het kort verklaren.

De schakeling is te beschouwen als een variant op een bekende schakeling van Steinmetz, die in fig. 1*b* is afgebeeld. De zelfinductie L_1 en de capaciteit C_1 zijn in resonantie bij de frequentie van de aangelegde wisselspanning $E\sqrt{2}\sin\omega t$. Deze schakeling heeft de volgende eigenschappen: de stroom door de impedantie Z is $E/j\omega L_1$, dus onafhankelijk van Z, en, als bovendien het reactieve deel van Z gelijk is aan ωL_1, is de opgenomen stroom in faze met de aangelegde spanning (arbeidsfactor = 1). De eerste eigenschap houdt in, dat, wanneer men de tak Z onderbreekt, de spanning over de onderbreking zeer hoog wordt. Een en ander maakt de schakeling zeer aantrekkelijk voor gebruik bij een fluorescentielamp, welke dan (in serie met een smoorspoel) de plaats van de impedantie Z inneemt.

Ter verklaring van de schakeling van fig. 1*a* kunnen we het straks ter sprake komende bimetaal B buiten beschouwing laten; evenzo de condensator C_2, die alleen het onderdrukken van radiostoringen ten doel heeft.

Bij het inschakelen ontstaat de in fig. 1*c* weergegeven toestand. De electrodes worden nu in serie gevoed met een stroom I_h, die de op één kern gewikkelde spoelen S_1 en S_2 (elk afzonderlijk met de zelfinductie L_2) zodanig doorloopt dat de gezamenlijke zelfinductie nul is. De stroom I_h wordt dus, als r de totale weerstand van de keten voorstelt en L_1 en C_1 in resonantie met de netfrequentie zijn:

$$I_h = \frac{E}{r}.$$

Na het ontsteken heeft men de toestand van fig. 1*d*. Nu mag men de gestippeld getekende verbindingen aangebracht denken, waardoor de schakeling overgaat in die van fig. 1*b*, zodat de lampstroom I_{la} wordt:

$$I_{la} = \frac{E}{j\omega L_1}.$$

[1]) R. N. Thayer en D. D. Hinman, Requirements for reliable instant-starting fluorescent lamps, Illum. Eng. **40**, 640-658, 1945.

[2]) Nederlands octrooi 55 200.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De dimensionering is zodanig dat $|I_h| \gg |I_{ln}|$ (zodat de electrodes snel warm worden) [3]) en dat tegelijkertijd de spanning over de lamp hoog is (350 V). Dit maakt dat de lamp snel en rustig ontsteekt.

Door de oorlog heeft het tot 1945 geduurd alvorens de schakeling van fig. 1*a* op grotere schaal werd toegepast, maar ze heeft zich niet langer dan enkele jaren kunnen handhaven. Ook hier waren namelijk de grote afmetingen en de hoge prijs bezwaarlijk, terwijl bovendien de overstroombeveiliging een hinderlijke complicatie vormde. Deze beveiliging was noodzakelijk, omdat, wanneer de lamp aan het eind van de levensduur niet meer ontstak, de resonantietoestand bleef bestaan; de dan optredende sterke stroom zou het toestel overbelasten indien hij niet een ingebouwd bimetaalrelais (*B*, fig. 1*a*) in werking bracht. Het contact hiervan, dat normaal open is, sluit dan de smoorspoel L_1 kort, waardoor de stroom terugvalt tot een kleine waarde.

Bij de recentere ontwikkeling van de fluorescentielamp zijn twee richtingen te onderkennen: die met speciale electrodes, welke niet, en die met meer normale electrodes, die wèl worden voorverwarmd. Exponent van de eerste vorm is de Philips „TL"S 40 W-lamp [4]), waarbij de gehele voorschakelapparatuur slechts uit een gloeilamp bestaat. De tweede vorm is in verschillende landen naar voren gekomen [5])[6])[7]) en ook voor de nieuwe Philips „TL"M-lamp gekozen, die in dit artikel zal worden bespro-

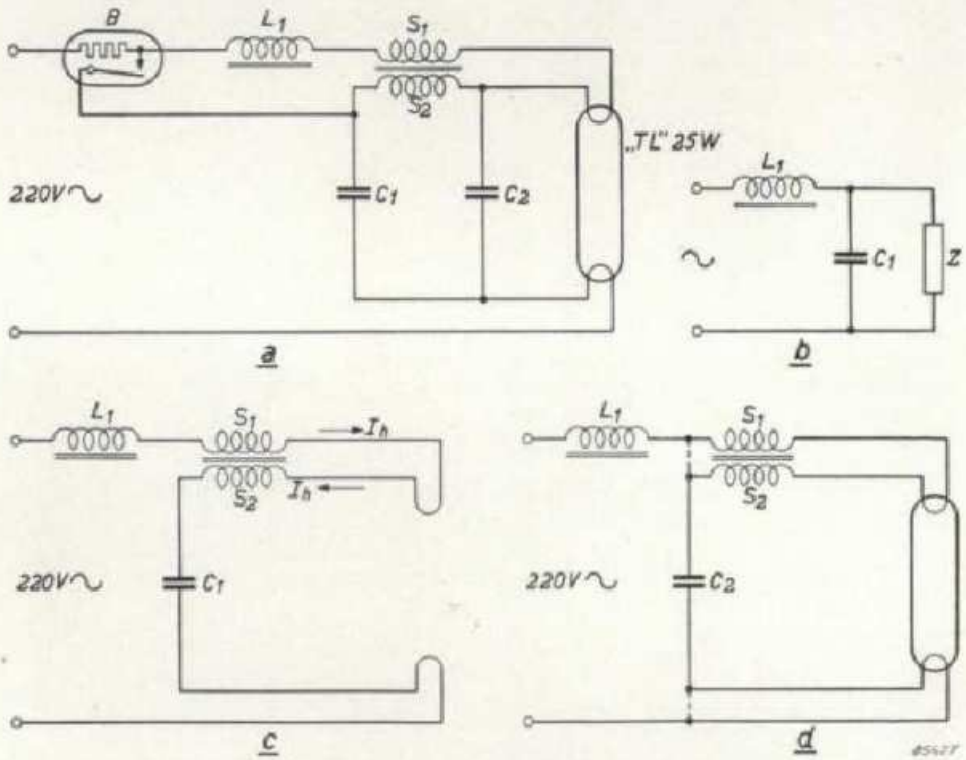


Fig. 1. *a*) Schakeling van een voorschakelapparaat met „TL" 25 W-lamp, dat in 1945 in de handel is geweest. L_1 smoorspoel en C_1 condensator, die in de buurt van resonantie op de netfrequentie zijn. S_1-S_2 dubbele smoorspoel. C_2 ontstoringscondensator. *B* bimetaalrelais (overstroombeveiliging).
b) Resonantieschakeling van Steinmetz. Als L_1 en C_1 in resonantie zijn op de netfrequentie, is de stroom door de impedantie *Z* onafhankelijk van de grootte van *Z*.
c) Schakeling die in het geval (*a*) geldt zolang de lamp nog niet is ontstoken (*B* en C_2 weggelaten). De zelfinductie van S_1 en S_2 samen is nul; er loopt een sterke gloeistroom I_h.
d) Vervangingsschema van (*a*) bij ontstoken lamp. Men mag de gestippeld getekende verbindingen aangebracht denken; de schakeling gaat dan over in (*b*), waarin *Z* wordt gevormd door de lamp in serie met de parallelgeschakelde smoorspoelen S_1 en S_2.

[3]) In het algemeen is het wenselijk de weerstand *r* laag te houden, met het oog op de verliezen. Omdat dan echter I_h al te hoge waarden zou aannemen, is het nodig enigszins van resonantie af te wijken en zo $|I_h| < |E/r|$ te houden (hoewel nog steeds $\gg |I_{ln}|$). Buiten resonantie is I_{ln} niet meer volkomen onafhankelijk van *Z*, maar in grote lijnen blijft de gegeven redenering toch opgaan.

[4]) W. Elenbaas en T. Holmes, Philips techn. T. **12**, 133-139, 1950.
[5]) S. Anderson, Control gear for fluorescent lamps, G.E.C. Journ. **17**, 159-177, 1950.
[6]) A. R. Lemmers en W. W. Brooks, New fluorescent lamp and ballast design for rapid starting, Illum. Eng. **47**, 589-594, 1952.
[7]) J. Cates, Fluorescent discharge tube circuits and operating problems, Proc. Inst. El. Engrs., Part II, **100**, 389-400, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ken. In beide gevallen is door verschillende hulpmiddelen de ontsteekspanning van de lamp aanzienlijk lager geworden dan bij oudere typen. Dit heeft niet alleen de weg tot starterloze schakelingen geopend, maar maakt ook dat de lamp minder van het inschakelen te lijden heeft.

Hulpmiddelen ter verlaging van de ontsteekspanning

Het is al lang bekend dat de ontsteekspanning van fluorescentielampen, behalve door verwarming van de electrodes, nog door verschillende andere hulpmiddelen aanmerkelijk kan worden verlaagd [8]). Drie van deze middelen zijn tot practische toepassing gekomen:

1) een geleidende streep of laag aan de binnenzijde van de glaswand,
2) een geaarde geleidende streep op de buitenzijde van de glaswand, en
3) geaarde metalen oppervlakken in de onmiddellijke nabijheid van de lamp.

De beide laatstgenoemde middelen hebben het bezwaar dat de goede werking alleen optreedt indien één van de lampelectrodes een voldoend groot potentiaalverschil met de streep of de plaat heeft. Dit nu is gewoonlijk wel het geval bij eenzijdig geaarde netten, maar niet bij niet-geaarde netten en bij twee fazen van driefazige netten met geaard sterpunt. Deze moeilijkheid wordt wel eens vermeden door, bij het onder (3) genoemde middel, de metalen plaat niet te aarden, maar over een weerstand aan een punt van passende potentiaal te leggen. Deze weerstand moet dan een zo grote waarde hebben dat bij aanraking van de plaat geen gevaar aanwezig is; dit betekent volgens de in vele landen geldende veiligheidsvoorschriften dat de stroom door het lichaam bij aanraken ten hoogste 0,5 mA mag bedragen. Bij één afzonderlijke lamp is aan dit voorschrift gemakkelijk te voldoen, maar moeilijk wordt het indien armaturen in lange rijen worden gemonteerd: de metalen delen worden dan onderling verbonden en de weerstanden komen dus alle parallel te staan, met als gevolg gevaar bij aanraking van een armatuur.

De „TL"M 40 W-lamp

Om de zojuist genoemde reden lag bij de ontwikkeling van een nieuwe lamp („TL"M-lamp) de keuze tussen een inwendige streep en een uitwendige streep (de laatste over een weerstand met één van de electrodes verbonden). De keuze is gevallen op de uitwendige streep, omdat hierbij niet (zoals bij de inwendige) een extra-energieverlies optreedt (zie het in [4]) aangehaalde artikel, blz. 135-136). Zoals we straks zullen zien, is de hoogste spanning die over de lamp kan komen te staan, hier ca. 250 V, zodat een weerstand van 0,5 MΩ al voldoende veiligheid bij aanraking geeft. Gekozen is een waarde van 1 MΩ, om onder alle omstandigheden ver van de grenswaarde te blijven.

Een bekend verschijnsel bij fluorescentielampen met uitwendige ontsteekmiddelen is dat de ontsteekspanning afhangt van de vochtigheid van de lucht [7]). Dit is ook enigszins het geval bij de lamp met uitwendige streep, die over een weerstand met één der electrodes is verbonden. Bij de „TL"M-lamp is dit verschijnsel geheel opgeheven, doordat buiten op het glas een laagje silicon is aangebracht, dat de lamp volkomen ongevoelig voor vocht maakt.

Keuze van verwarmingsstroom en nullastspanning

In *fig. 2* vindt men de ontsteekspanning van de „TL"M 40 W-lamp getekend in afhankelijkheid van de verwarmingsstroom der electrodes, voor verschillende omgevingstemperaturen. Met behulp van deze figuur kan men bepalen welke nullastspanning van het voorschakelapparaat nodig is om bij een bepaalde verwarmingsstroom door de electrodes de

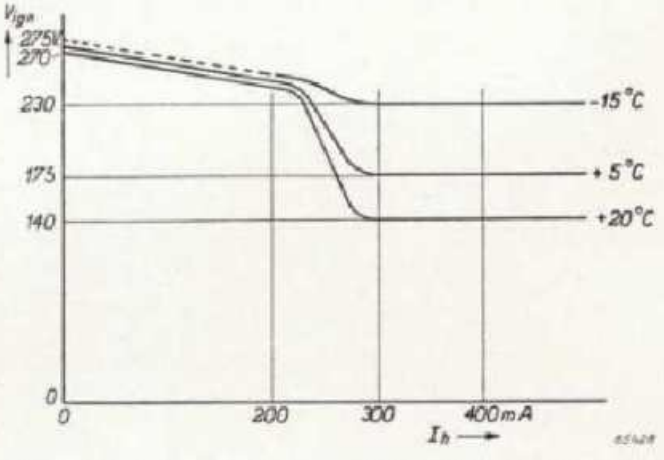


Fig. 2. Ontsteekspanning V_{ign} van de „TL"M 40 W-lamp in afhankelijkheid van de gloeistroom I_h der electrodes, voor verschillende omgevingstemperaturen.

lamp in alle voorkomende omstandigheden betrouwbaar te ontsteken. Hiertoe wordt in fig. 2 die lijn genomen die geldt voor de laagste temperatuur welke in het toepassingsgebied van de lamp te verwachten is, en vervolgens wordt deze lijn gecorrigeerd met een veiligheidsfactor die zowel de verschillen tussen de lampen onderling als de afwijkingen van de nominale netspanning in rekening brengt. Het resultaat is dan zoals schematisch is weergegeven in *fig. 3*. Het gebied boven de lijn *1* is het gebied van betrouwbaar ontsteken.

[8]) W. Uyterhoeven, Elektrische Gasentladungen, J. Springer, Berlijn 1938, blz. 92-93.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Om nu de keuze nader te bepalen, moet men tevens andere overwegingen in aanmerking nemen. Het belangrijkste criterium is de verlangde „schakelvastheid". Hieronder wordt verstaan het aantal malen dat men een lamp kan ontsteken voordat ze defect raakt, terwijl de brandtijd uiterst kort is. In de normale practijk zal een lamp gedurende de levensduur niet meer dan enige duizenden malen ontstoken worden; omdat men echter door dit aantal

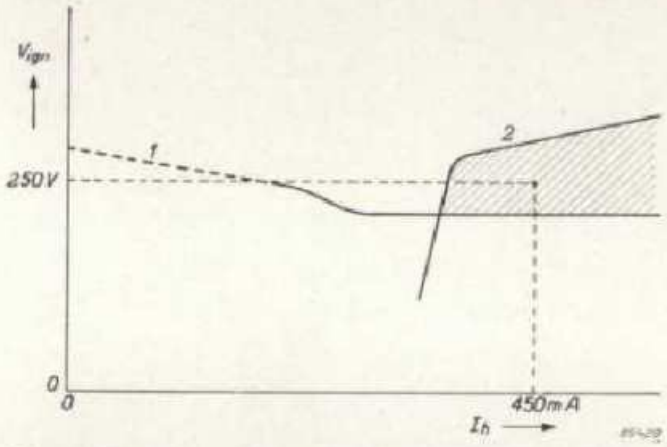


Fig. 3. Kromme *1*: V_{ign} als functie van I_h voor de laagste omgevingstemperatuur waarbij de lamp nog moet ontsteken, en voorzien van een veiligheidsfactor die de spreiding tussen de lampen en de netspanningsschommelingen in rekening brengt. Kromme *2*: grens waarbeneden de ontsteekspanning moet blijven om de schakelvastheid niet te klein te doen worden. Gearceerd: gebied van betrouwbaar ontsteken bij grote schakelvastheid.

inschakelingen de levensduur niet te veel wil bekorten, moet bij een snelle schakelproef het vereiste aantal inschakelingen een veelvoud hiervan bedragen, zodat bij voorbeeld 10000 maal als ruim voldoende kan worden beschouwd.

Uit uitgebreide proeven is gebleken dat de nullastspanning een grote invloed op de schakelvastheid heeft, de verwarmingsstroom echter niet zolang hij boven een zekere minimumwaarde blijft. Het resultaat van deze proeven is eveneens in fig. 3 weergegeven: toegestaan is het gebied beneden de lijn *2*. Het gearceerde gebied tussen de lijnen *1* en *2* is dus bruikbaar om het gestelde doel te verwezenlijken.

Om het voorschakelapparaat kleine afmetingen te kunnen geven, is het in het algemeen wenselijk dat men de kleinste verwarmingsstroom en de laagste nullastspanning kiest welke nog toelaatbaar zijn. De snelheid van ontsteken zal echter bevorderd worden door een sterkere verwarmingsstroom, zodat in deze een compromis gezocht moet worden. Dit compromis hebben wij voor de „TL"M-lamp gelegd in het punt dat in fig. 3 is aangegeven. De schakelvastheid blijkt daar de gestelde minimumeis ruimschoots te overschrijden, maar na enige duizenden inschakelingen werd een zekere zwarting aan de einden van de lamp geconstateerd. Door om elke electrode een afschermring aan te brengen, is het zwart worden tot normale proporties teruggebracht.

Schakeling voor het verwarmen van de electrodes

Om de electrodes te verwarmen, wordt er een stroom doorheen geleid. Hierbij zijn twee principieel verschillende manieren te onderscheiden: voeding met constante spanning en voeding met constante stroom.

Bij voeding met constane spanning worden de electrodes aangesloten op secundaire wikkelingen van een transformator, die de juiste gloeispanning voor de electrodes leveren. Bij deze methode is de gloeistroom afhankelijk van de weerstand tussen elke electrode en de transformator, dus van de leidingen en van de overgangsweerstanden in de lamp, de lamphouders en het voorschakelapparaat [9]). Vooral de overgangsweerstanden in de lamphouders kunnen van belang zijn, omdat het veelvuldig voorkomt dat door onjuiste montage (te grote of te kleine afstand tussen de lamphouders, onderlinge hoekverdraaiing) één of meer lamppennen slecht of in het geheel geen contact met de veren van de lamphouders maken. Eén van de electrodes wordt dan weinig of niet verwarmd, met als gevolg toch weer zwart worden van het lampeinde en een sterk verkorte levensduur. Een ander bezwaar van voeding met constante spanning is, dat, indien er kortsluiting tussen de leidingen naar de lamphouder ontstaat, de gloeistroomtransformator wordt overbelast in een mate waartegen deze gewoonlijk niet bestand is.

Bij voeding met constante stroom, zoals bij schakelingen met starter algemeen gebruikelijk is en ook bij schakelingen zonder starter al eerder is toegepast (fig. 1*a*), worden de twee gloeidraden in serie met elkaar en met een hoge impedantie op een bron van vrij hoge spaning aangesloten. De genoemde nadelen treden dan niet op: de stroom door de electrodes is vrijwel onafhankelijk van eventuele overgangsweerstanden, terwijl bij een geheel verbroken contact beide electrodes stroomloos blijven en de lamp weliswaar niet ontsteekt, maar ook geen schade lijdt.

Het voorschakelapparaat voor de „TL"M-lamp

Na het voorgaande zullen enige belangrijke eisen waaraan het voorschakelapparaat voor de „TL"M-lamp moet voldoen, duidelijk zijn geworden: tijdens

[9]) W. Calvin Gungle, Electrical characteristics of lamps and ballasts, Illum. Eng. **48**, 579-584, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het ontsteken moeten de lampelectrodes in serie worden doorlopen door een stroom van ca. 0,45 A, terwijl er tevens een spanning van ca. 250 V over de lamp moet staan.

Het lag voor de hand na te gaan in hoeverre het toestel met resonantieschakeling (fig. 1*a*) zo zou kunnen worden uitgevoerd dat het aan deze eisen voldeed. Dit apparaat combineert namelijk enige zeer wenselijke eigenschappen: gloeidraadvoeding met constante stroom, grote arbeidsfactor, geringe vervorming van de uit het net opgenomen stroom, en hoge impedantie voor de frequenties welke bij audiofrequente stuurstromen in netten worden toegepast.

Een eerste vereenvoudiging is dat de vrij kleine verwarmingsstroom en de lage ontsteekspanning van de „TL"M-lamp de overstroombeveiliging overbodig maken; het bimetaalrelais kan dus vervallen. Verder kan men ook de smoorspoel L_1 weglaten indien men de dubbele smoorspoel S_1-S_2 voorziet van een passende spreiding. Het schema wordt dan vereenvoudigd tot dat van *fig. 4*.

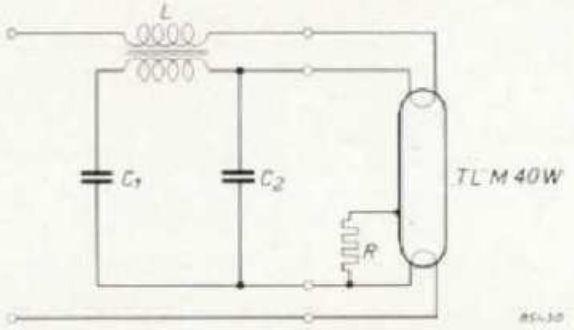


Fig. 4. Schema van het voorschakelapparaat van de „TL"M 40 W-lamp. De twee spoelen L op één kern hebben een zekere spreiding. C_1 resonantiecondensator. C_2 ontstoringscondensator. R weerstand van 1 MΩ, waarover de geleidende streep met één der electrodes is verbonden.

Dat de gewenste eigenschappen op deze wijze worden verkregen, is te verklaren met behulp van de vervangingsschema's van *fig. 5*, waarin de waarden van de verschillende impedanties zijn opgegeven zoals deze zijn gekozen voor een toestel voor 220 V netspanning, frequentie 50 Hz.

Volgens fig. 5*a* is vóór het ontsteken de uit het net opgenomen stroom, welke dient voor de verwarming van de electrodes, bepaald door de spreidingsreactanties en de capaciteit. Deze stroom bedraagt 220/(640—80—80) = 0,45 A. De spanning tussen de lampeinden is dus 0,45 × (640—80) = 250 V. Zodra de lamp ontstoken is, geldt als vervangingsschema fig. 5*b*. Uit het vectordiagram (*fig. 6*) volgt dat de uit het net opgenomen stroom vrijwel in faze met de netspanning is, zodat de arbeidsfactor nagenoeg 1 is. In fig. 5*c* is te zien dat de hogere harmonischen die de fluorescentielamp in de lampstroom opwekt, aanmerkelijk verzwakt in het net terechtkomen; de schakeling werkt namelijk

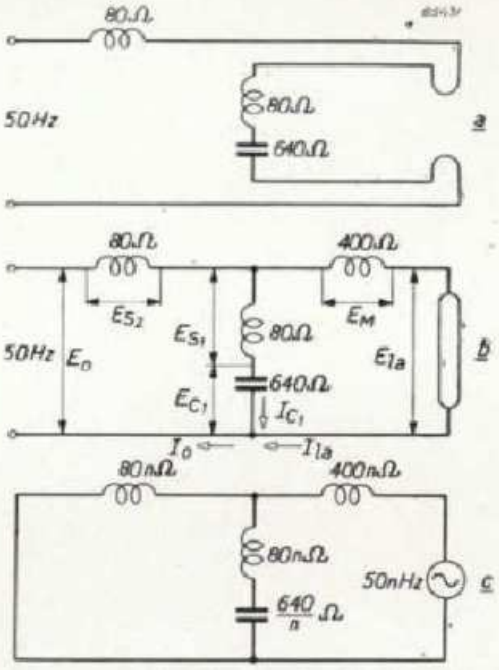


Fig. 5. Impedantiewaarden die in de schakeling van fig. 4 voorkomen:
a) bij nog niet ontstoken lamp, frequentie 50 Hz,
b) bij ontstoken lamp, frequentie 50 Hz,
c) bij ontstoken lamp, frequentie 50*n* Hz. Dank zij de impedantie van 80*n* Ω in serie met het net is de netstroom slechts zeer weinig vervormd.

als een onder doorlatend filter. De uit het net opgenomen stroom is dan ook vrijwel sinusvormig — een ongewone eigenschap voor een toestel met grote arbeidsfactor. De impedantie van de gehele schakeling voor audiofrequenties, zoals voor signalering en besturing in netten worden toegepast, blijkt hoog te zijn, als gevolg van de spreidingsreactanties.

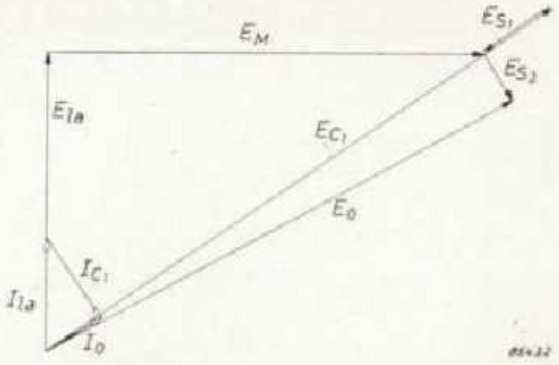


Fig. 6. Vectordiagram behorend bij fig. 5*b* (zie deze figuur voor de betekenis van de letters).

Bereikte resultaten in de practijk

Aan een groot aantal „TL"M-lampen met hun voorschakelapparaten zijn practijkproeven gedaan om na te gaan of de resultaten aan de verwachtingen beantwoorden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Bij 20 °C en nominale netspanning blijkt het ontsteken gelijkmatig en flikkervrij te geschieden in ca. 1,5 seconde. Bij lagere temperaturen en netspanningen wordt deze tijd slechts weinig langer; tot —15 °C is het ontsteken nog betrouwbaar bij 90% van de nominale netspanning. De schakelvastheid bedraagt gemiddeld ca. 20 000 inschakelingen. Bij 3 uur branden na iedere inschakeling — wat meer met het practische gebruik overeenkomt — is de gemiddelde levensduur 7500 uur. Het eind van de levensduur wordt gewoonlijk bereikt doordat één van de electrodes doorsmelt; de stroom door het toestel wordt daarbij verbroken.

De „TL"S 40 W-lamp met het voorschakelapparaat van de „TL"M-lamp

Tot slot willen wij nog vermelden dat het beschreven voorschakelapparaat ook bijzonder geschikt is voor de „TL"S 40 W-lamp. Als deze lamp in serie met de bijbehorende gloeilamp als voorschakelweerstand wordt gebruikt, is een netspanning van 220 V voldoende voor het ontsteken. Maakt men daarentegen gebruik van een voorschakelsmoorspoel, dan is een hogere spanning noodzakelijk. Dit komt doordat de lage weerstand van de gloeilamp in koude toestand een grotere glimstroom door de „TL"S-lamp doet lopen dan de hoge impedantie van de smoorspoel; deze grotere glimstroom bevordert het ontsteken [4]). Het voorschakelapparaat van de „TL"M-lamp levert, zoals we hebben gezien, een nullastspanning van 250 V, en dit blijkt voldoende te zijn om de „TL"S-lamp te ontsteken bij omgevingstemperaturen niet lager dan 5 °C. Omdat de „TL"S-lamp geen verwarmingsstroom nodig heeft, is het apparaat nog iets verkleind en het aantal aansluitpunten verminderd kunnen worden; zo is er een speciale uitvoering voor de „TL"S-lamp ontstaan.

Vergelijkt men de „TL"S- en de „TL"M-lamp onderling, dan blijkt de eerstgenoemde sneller te ontsteken, namelijk vrijwel onmiddellijk na het inschakelen. Daartegenover staat dat de „TL"M-lamp ook nog ontsteekt bij omgevingstemperaturen van —15 °C, een grotere schakelvastheid vertoont en, doordat een inwendige streep als bij de „TL"S-lamp ontbreekt, een iets groter lichtrendement heeft.

Samenvatting. De „TL"M 40 W-lamp is een nieuwe buisvormige fluorescentielamp, die zonder starter werkt. De ontsteekspanning ligt beneden 250 V (effectieve waarde), dank zij twee maatregelen: verwarming van de electrodes bij het inschakelen, en aanwezigheid van een geleidende streep op de buitenkant van het glas. De streep is over een weerstand van 1 MΩ met één van de electrodes verbonden. De ontsteekspanning is onafhankelijk van de vochtigheid der lucht doordat de lamp met een laag silicon is bedekt.

Het bijbehorende voorschakelapparaat is een vereenvoudigde uitvoering van een toestel dat in 1945 op de markt is geweest. Het berust op een resonantieschakeling van Steinmetz. Bij inschakeling levert het ca. 0,45 A gloeistroom aan de in serie geschakelde electrodes, terwijl er tegelijkertijd een spanning van ca. 250 V tussen de electrodes komt te staan. De uit het net opgenomen stroom is zeer weinig vervormd, de arbeidsfactor is nagenoeg 1 en de ingangsimpedantie voor audiofrequenties is hoog.

Bij een omgevingstemperatuur van 20 °C en de nominale netspanning ontsteekt de lamp zonder flikkeren in ca. 1,5 seconde. Bij —15 °C is het ontsteken nog betrouwbaar bij 90% van de nominale netspanning. De schakelvastheid bedraagt gemiddeld ca. 20 000 inschakelingen. Bij 3 uur branden na iedere inschakeling is de gemiddelde levensduur 7500 uur. Overstroombeveiliging is niet nodig.

Een soortgelijk, iets kleiner, voorschakelapparaat is uitgewerkt voor de „TL"S 40 W-lamp, die oorspronkelijk ontwikkeld was om te branden in serie met een gloeilamp.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

GROEISTOFFEN IN PLANTEN

door R. van der VEEN.

581.143:631.811.98

Groeistoffen zijn stoffen met een hormonaal karakter, die, hoewel slechts in uiterst geringe concentraties in de plant aanwezig, het leven van de plant beheersen. In wetenschappelijk opzicht is veel hier nog duister. Tot voor kort meende men dat de chemische structuur van alle stoffen met groeistofactiviteit (natuurlijke zowel als synthetische) voldeed aan een tweetal kenmerken, doch een onlangs ontdekte groep van stoffen blijkt als groeistof werkzaam te zijn en niettemin aan één der kenmerken niet te beantwoorden. Paradoxaal genoeg, zijn groeistoffen in bepaalde concentraties dodelijk voor sommige planten. In de practijk wordt hiervan gebruik gemaakt ter bestrijding van onkruiden.

Het begrip „groeistof" is onverbrekelijk verbonden met de naam van F. W. Went, die in 1926 in het Botanisch Laboratorium te Utrecht heeft ontdekt dat in hoofdzaak één bepaalde stof de strekkingsgroei van de stengels van jonge planten veroorzaakt.

Al spoedig bleek dat deze groeistof ook zeer vele andere reacties in de planten teweegbrengt. Een overzicht van de door groeistof geïnduceerde verschijnselen volgt hieronder.

2) Geotropie. Groeistof wordt door de levende cellen loodrecht omlaag getransporteerd. Wordt een plant scheef of horizontaal gezet, dan ontvangt de onderzijde dus veel meer groeistof dan de bovenzijde. De onderzijde zal zich derhalve meer strekken, waardoor de plant weer omhoog gaat groeien (*fig. 1a*).

Wortels van een plant zijn nog veel gevoeliger voor groeistof dan bovengrondse delen. Wordt een penwortel horizontaal gelegd, dan komt ook hier meer groeistof aan de onderzijde. Daar dit dan echter voor wortelgroei tot een te grote concentratie leidt, zal de groeistof de strekking niet bevorderen, maar remmen, zodanig dat de onderzijde langzamer groeit dan de bovenzijde en de wortel dus omlaag zal groeien.

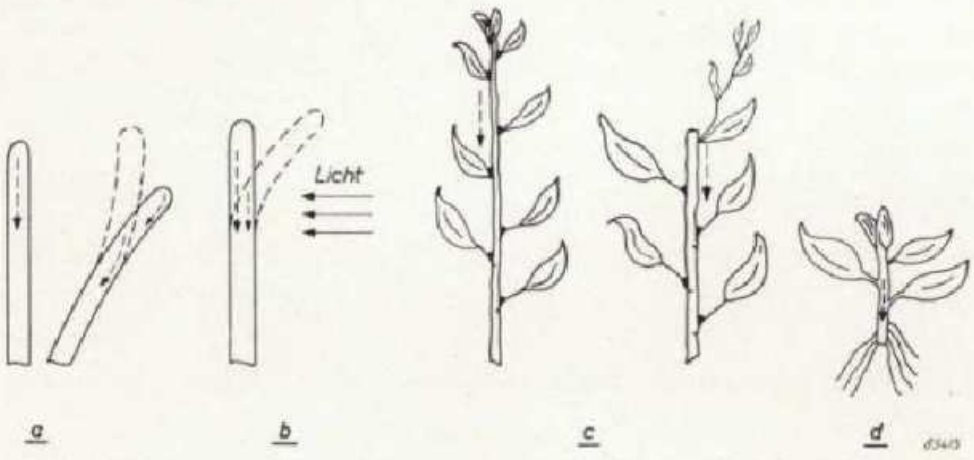


Fig. 1. *a*) Geotropie. In een scheefstaande stengel krijgt de onderzijde meer groeistof dan de bovenzijde. Daardoor groeit de onderzijde sterker en kromt de stengel zich dus zo dat hij verticaal komt te staan.
b) Fototropie. Aan de lichte zijde van de stengel is minder groeistof dan aan de donkere zijde, die daardoor sneller groeit, zodat de stengel zich naar het licht toe buigt.
c) Apicale dominantie. Links: groeistof uit de top remt het uitlopen van de okselknoppen. Rechts: na wegnemen van de top lopen de bovenste okselknoppen uit.
d) Wortelaanleg. Ophoping van groeistof aan de onderzijde van een stek veroorzaakt aldaar ontwikkeling van wortels.
In al deze figuren geven de gestippelde pijlen de groeistofstroom aan.

Reacties door groeistof teweeggebracht

1) Strekking. De celwanden van jonge cellen strekken zich tot vaak vele tientallen malen hun oorspronkelijke lengte onder invloed van zeer geringe hoeveelheden groeistof. Door grotere groeistofconcentraties echter wordt deze strekking weer geremd.

3) Fototropie. Het blijkt dat groeistof in de plant

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

enzymatisch wordt afgebroken en dat deze afbraak sterk wordt gestimuleerd door licht. Aan de belichte zijde zal de afbraak dus veel sneller plaatsvinden dan aan de donkere zijde. Bij gevolg groeit de donkere zijde van de stengel sneller, waardoor de plant zich naar het licht toe buigt (fig. 1*b*): „de plant groeit naar het licht toe". (Opgemerkt zij, dat deze, in grote lijnen wel juiste, voorstelling iets te simplistisch is.)

4) Apicale dominantie. In de snel groeiende top (apex) van een plant wordt veel groeistof gevormd. Deze wordt naar beneden getransporteerd. In de stengel vindt dus voortdurend een omlaag gericht transport van groeistof plaats.

In elke bladoksel is een knop aanwezig, waaruit een zijtak kan groeien. Groeistof houdt het uitlopen van de knoppen tegen; bij aanwezigheid van groeistof blijft de knop dus in rust. Wordt echter de stengel „getopt" (dwz. wordt de top eraf gesneden), dan houdt de groeistofstroom op en kunnen derhalve de okselknoppen gaan uitlopen [1]). Het eerst lopen de bovenste okselknoppen uit (fig. 1*c*). Doordat deze dan zelf groeistof afgeven, worden de lagere knoppen weer in hun ontwikkeling geremd en blijven deze in rust.

5) Wortelaanleg. Men heeft gevonden dat een grote concentratie van groeistof de aanleg van wortels bevordert. Als een stekje wordt geplant, zal alle aanwezige groeistof omlaag getransporteerd worden en zich verzamelen in het onderste gedeelte. Daardoor worden hier de wortels aangelegd (fig. 1*d*) en niet op hogere gedeelten van de stek. Door kunstmatig groeistof op de stekken te brengen, kan men de beworteling versnellen.

6) Bladafval. Dat bladeren en vruchten spontaan afgestoten worden, berust gewoonlijk op een vermindering van de groeistofconcentratie in de planten. Men kan dit afstoten gemakkelijk tegengaan door kunstmatig groeistof op de planten te brengen, bij voorbeeld door spuiten.

7) Verwelken van sommige bloemen. Vele orchideeën, zoals de bekende Cattleya's, kunnen aan de plant vaak meer dan 14 dagen goed blijven. Worden ze echter met stuifmeel bestoven, dan zijn ze al na één dag verwelkt. Direct na de bestuiving wordt veel groeistof gevormd. Door in plaats van stuifmeel wat groeistof op de stempel te brengen, krijgt men hetzelfde verschijnsel.

De reeks van door groeistof geïnduceerde verschijnselen zou nog veel langer gemaakt kunnen worden. Het bovenstaande is echter voldoende om een indruk te geven van de zeer belangrijke en gevarieerde rol welke de groeistof in het leven der planten speelt.

Groeistoffen als bestrijdingsmiddel voor onkruid

Door het sterk hormonale karakter van groeistof kan deze, als ze niet door de plant wordt afgebroken, verschillende physiologische evenwichten in de plant op den duur grondig verstoren. Dit kan zo ernstig zijn dat de plant na één of twee weken zelfs sterft. In de practijk heeft dit geleid tot de toepassing van groeistoffen als onkruidbestrijdingsmiddel (herbicide). Als zodanig kunnen groeistoffen dienen die zeer actief zijn en niet door de plant onschadelijk gemaakt kunnen worden. Daar de eenzaadlobbigen, zoals de grassen en de granen, voor deze groeistoffen veel minder gevoelig zijn dan de tweezaadlobbigen, kan men de tweezaadlobbige onkruiden uit gras- en graanvelden verwijderen door deze met een bepaalde hoeveelheid groeistof te bespuiten [2]). De bekendste onkruidbestrijdingsmiddelen op groeistofbasis zijn 2,4-D [1] [3]), 2,4,5-T [2] en MCPA [3].

Chemische structuur van groeistof

De chemische structuur van de groeistof die de voornaamste rol in het plantenrijk speelt, is bekend. Het is een stof met een vrij eenvoudige structuur, die ook synthetisch kan worden gemaakt, namelijk het 3-indolylazijnzuur [4].

In de plant ontstaat deze stof door afbraak (in enkele stappen) van het aminozuur tryptophaan, en zelf wordt het indolylazijnzuur weer verder afgebroken, vooral onder invloed van belichting (zie boven). Het indolylazijnzuur is dus een schakel in een tamelijk lange afbraakketen. De concentratie van de groeistof in een plant hangt af van de snelheid waarmee de verschillende reacties in deze keten verlopen. Daar de afbraakreactie van het indolylazijnzuur afhankelijk is van de belichting, zal bij weinig licht de concentratie groot worden en daardoor zal de plant zich sterk gaan strekken.

Na de ontdekking van de natuurlijke groeistof heeft men talrijke synthetische stoffen gevonden die alle een min of meer analoge invloed op de planten hebben. Het aantal loopt al in de honderden. Sommige hiervan hebben slechts een zwakke groeistofwerking, andere een werking die nauwelijks voor die van de natuurlijke groeistof onderdoet. Enkele van de meest bekende zijn in de tabel opgesomd.

[1]) Voor het verband van dit verschijnsel met de daglengte, zie R. van der Veen, Philips techn. T. **13**, 374, 1951.

[2]) Deze mogelijkheid is in dit tijdschrift al eens ter sprake gekomen; zie R. van der Veen, Philips techn. T. **16**, 357, 1954 (No. 12).

[3]) Cijfers tussen vierkante haken verwijzen naar de structuurformules in het aanhangsel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het is wel zeer merkwaardig dat zovele en op het eerste gezicht zo verschillende stoffen een analoge werking op de planten hebben. Het spreekt vanzelf dat men zich heeft verdiept in de overeenkomst van de structuur van al deze stoffen.

In 1938 hebben Koepfli, Thimann en Went[4]) vastgesteld dat alle stoffen met groeistofactiviteit in de volgende opzichten overeenkomen. Deze stoffen hebben

a) een molecuul met een „kern" die uit een ringsysteem bestaat,
b) ten minste één dubbele binding in deze ring,
c) aan de ring één zijketen,
d) aan het einde van deze zijketen een carboxylgroep die van de ring gescheiden is door ten minste één koolstofatoom, en
e) een speciale ruimtelijke verhouding tussen de ring en de carboxylgroep.

In 1949 hebben Veldstra en Booy[5]) deze vijf kenmerken vereenvoudigd tot twee, namelijk het bezit van

a) een ringsysteem met een grote oppervlakactiviteit, en
b) een groep met een zuur karakter, die, bij adsorptie van het molecuul aan een grensoppervlak, buiten het vlak van de ring kan komen te liggen.

Op het laatstgehouden botanische congres (Parijs, 1954) werden deze beide kenmerken nog eens bevestigd; er was onder de zeer talrijke stoffen met groeistofactiviteit nog steeds geen enkele uitzondering op de kenmerken van Veldstra en Booy gevonden.

Een nieuwe groep van groeistoffen

Door samenwerking van Philips-Roxane met het Organisch-chemisch Instituut T.N.O. is onlangs een nieuwe groep van stoffen met vrij grote groeistofactiviteit ontdekt[6]). In deze stoffen komt echter geen ringsysteem voor, zodat aan voorwaarde (a) van Veldstra en Booy niet is voldaan en dus ook deze formulering van groeistofkenmerken thans

[4]) J. physiol. Chem. **122**, 763-783, 1938.
[5]) Biochem. biophys. Acta **3**, 278-312, 1949.

[6]) Dit werk is onder leiding van Dr. Van der Kerk verricht in het Laboratorium voor Organische Chemie te Utrecht. Zie ook: G. J. M. van der Kerk, M. H. van Raalte, A. Kaars Sijpesteijn en R. van der Veen, Nature **176**, 308-310, 13 Aug. 1955.

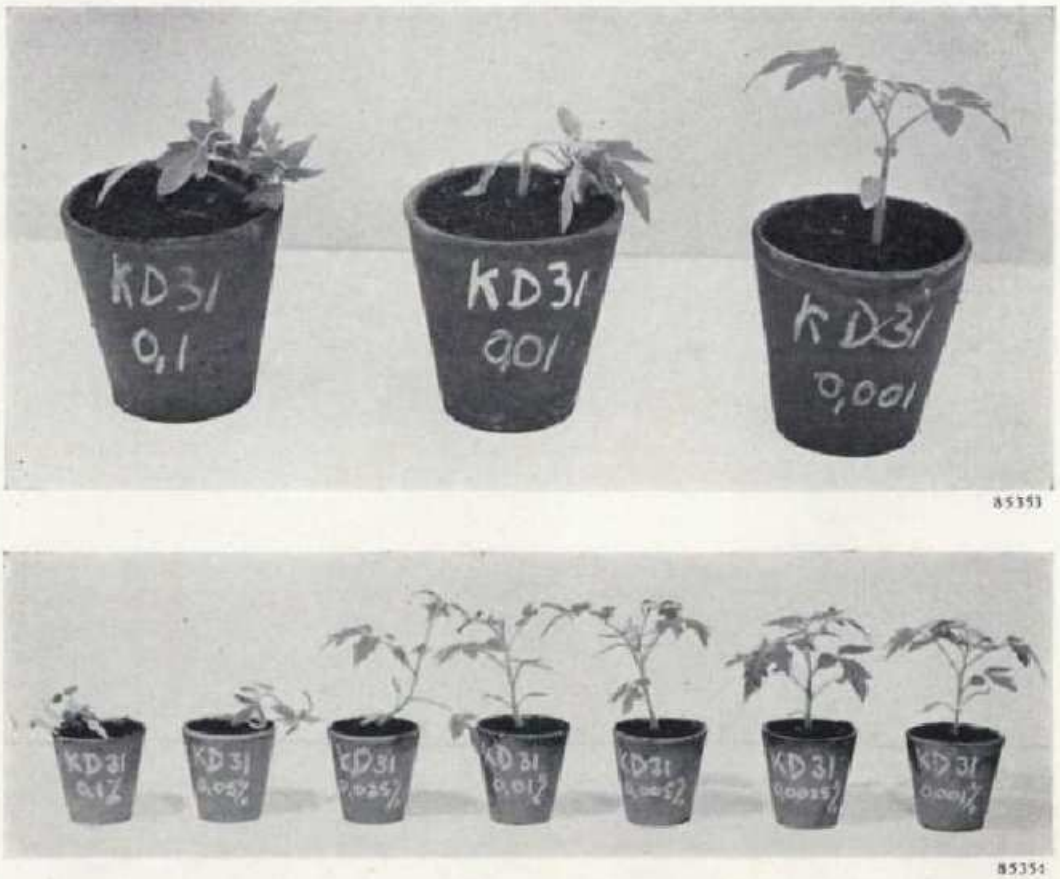


Fig. 2. Reactie van tomaatplanten op bespuiting met verschillend geconcentreerde oplossingen van N,N-dimethyl-thiocarbamyl-glycolzuur [5] (codenaam KD 31). De foto (*a*) is genomen twee dagen, de foto (*b*) tien dagen na de bespuiting. Ook na tien dagen hebben de planten die met oplossingen van 0,05% en 0,1% zijn behandeld, zich nog niet hersteld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

niet meer voldoet. Voorbeelden van deze nieuwe groeistoffen zijn N,N-dimethyl-thiocarbamyl-glycolzuur [5] en N,N-dimethyl-S-carboxymethyl-dithiocarbaminaat [5a].

In deze nieuwe groep van groeistoffen treedt in de plaats van de ring een atoomgroepering waarvan de structuur is op te vatten als een tussenvorm van deze twee [7]):

$$(CH_3)_2N-\underset{\underset{S}{\|}}{C}- \quad \text{en} \quad (CH_3)_2\overset{(+)}{N}=\underset{\underset{S^{(-)}}{|}}{C}-.$$

In de organische scheikunde is het bekend dat bij de tweede structuur, met een dubbele binding tussen N en C, de atomen bij voorkeur in een plat vlak liggen en dat deze vlakke structuur zich min of meer aan alle moleculen opdringt. De nieuwe groeistoffen hebben derhalve in hun molecuul een atoomgroep met een vlakke structuur, die de plaats inneemt van het (eveneens vlakke) ringsysteem der eerder bekende groeistoffen.

[7]) In de organische chemie treden dergelijke tussenvormen herhaaldelijk op. Men stelt het wel voor alsof in ieder molecuul de bedoelde atoomgroep afwisselend in de ene en in de andere vorm verkeert, en spreekt dan van „resonantie".

Behalve uit deze atoomgroep van platte vorm bestaat het molecuul uit een zijketen, die aan het rechtse koolstofatoom (in bovenstaande formules) is gehecht. De zijketen voldoet aan voorwaarde (b) van Veldstra en Booy, dwz. ze is zuur van karakter en zal, wanneer het molecuul aan een grensvlak wordt geadsorbeerd, buiten het vlak van de zoëven genoemde vlakke atoomgroep liggen.

Ten aanzien van de zijketen kan nog het volgende worden opgemerkt. Of een stof van het pas ontdekte type al dan niet actief is, hangt af van de structuur van de zijketen op een wijze die geheel parallel loopt met wat gevonden was bij de zijketen van de 2,4-dichloorphenoxygroep. Zo is bij voorbeeld de zijketen —O—CH_2—COOH, die in N,N-dimethyl-thiocarbamyl-glycolzuur [5] voorkomt, zeer actief; de werking van verschillend geconcentreerde oplossingen van deze stof op jonge tomaatplanten is te zien in *fig. 2a* en *b*. Vervangt men de genoemde zijketen door —S—CH_2—COOH, dan krijgt men een stof [5a] die nauwelijks minder actief is indien men althans de werking op de plant binnen twee dagen beschouwt (*fig. 3a*). Wacht men langer, dan herstelt de plant zich van de groeistof met de

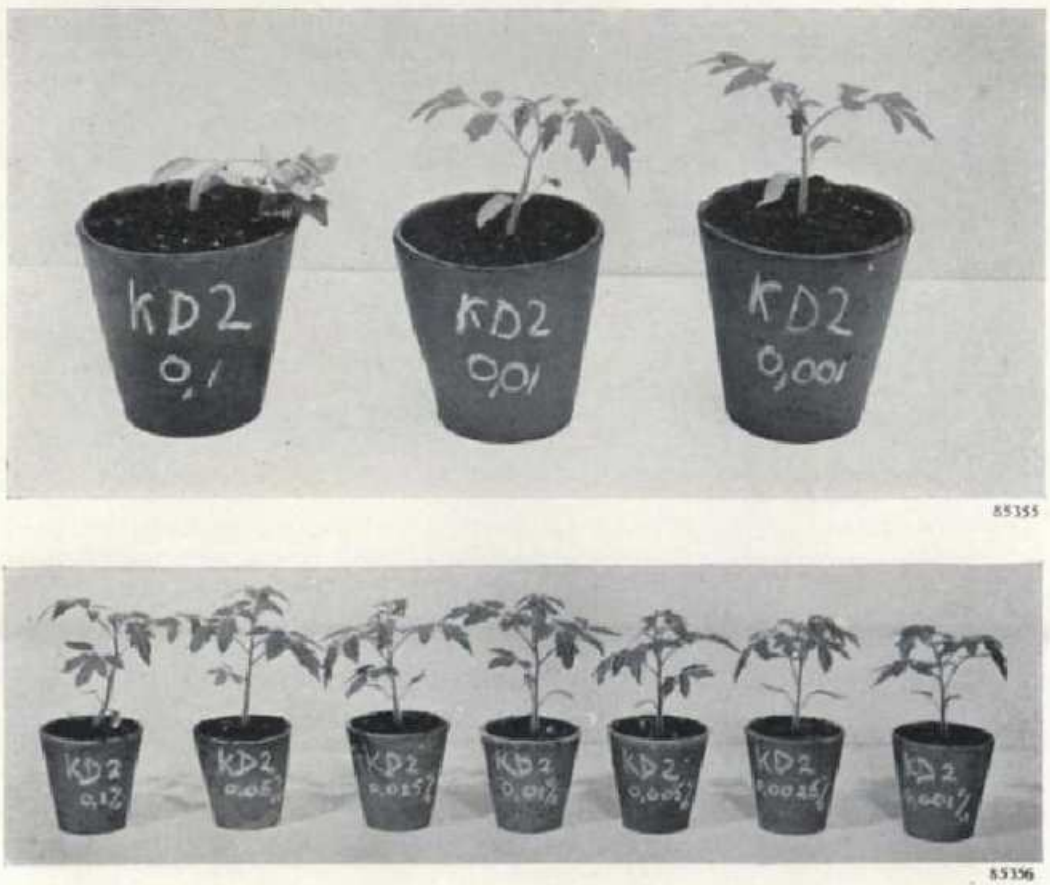


Fig. 3. Reactie van tomaatplanten op bespuiting met verschillend geconcentreerde oplossingen van N,N-dimethyl-S-carboxymethyl-dithiocarbaminaat [5a] (codenaam KD 2), (*a*) twee dagen, (*b*) tien dagen na de bespuiting. In het laatste geval hebben alle planten zich volledig hersteld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

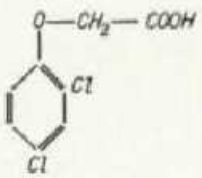
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

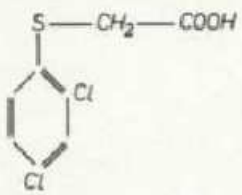
„zwavelbrug" (fig. 3*b*), niet echter van die met de „zuurstofbrug" (fig. 2*b*). Hetzelfde ziet men bij 2,4-dichloorphenoxy-azijnzuur (een groeistof van het oude type, met een ringsysteem) als men hierin het brugzuurstofatoom in de zijketen vervangt door een zwavelatoom (vgl. [1] en [1a]). Een plant kan dus blijkbaar een zwavelbrug in dit soort verbindingen gemakkelijker afbreken dan een zuurstofbrug.

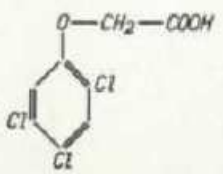
Ook het volgende geeft hiervan een illustratie. Het *α*-naphthoëzuur [6] vertoont groeistofwerking. Door in dit zuur de carboxylkoolstof te vervangen door zwavel, ontstaat het *α*-naphthylsulfinezuur [6a]; dit is een stof die eveneens als groeistof werkzaam is, doch zeer snel door de plant wordt afgebroken. Tomaatplanten, bespoten met een 0,1%-oplossing ervan, geven na één uur reeds een zeer duidelijke reactie te zien (bestaande in het zich omlaag krommen van de bladeren), die na acht uur een maximum bereikt. Daarna treedt herstel in en na 24 uur is er aan de planten niets bijzonders meer te zien. Als de planten worden bespoten met indolylazijnzuur (de in de natuur het meest voorkomende groeistof), herstellen ze zich op den duur ook, maar dit herstel gaat veel langzamer.

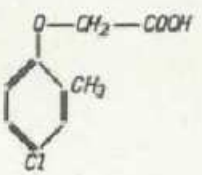
AANHANGSEL: STRUCTUURFORMULES

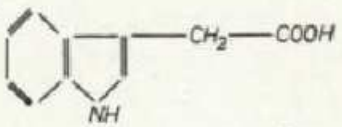
Hieronder volgen de structuurformules van groeistoffen die in het voorgaande onder gelijkluidend nummer werden genoemd.

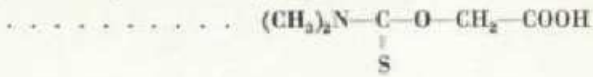
[1] 2,4-dichloorphenoxy-azijnzuur (2,4-D) . . . . . 

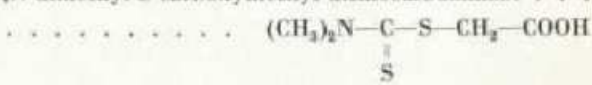
[1a] Als [1], doch het brugzuurstofatoom vervangen door een zwavelatoom . . . . . 

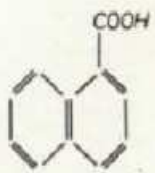
[2] 2,4,5-trichloorphenoxy-azijnzuur (2,4,5-T) . . . . . 

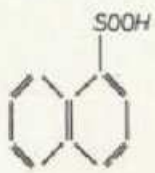
[3] 2-methyl-4-chloorphenoxy-azijnzuur (MCPA) . . . . . 

[4] 3-indolylazijnzuur . . 

[5] N,N-dimethyl-thiocarbamyl-glycolzuur . . . . . 

[5a] N,N-dimethyl-S-carboxymethyl-dithiocarbaminaat . . . . . 

[6] *α*-naphthoëzuur . . . . . 

[6a] *α*-naphthylsulfinezuur . . . . . 

Samenvatting. Na een opsomming van de voornaamste reacties die door groeistoffen in planten worden teweeggebracht, wordt in het kort ingegaan op het gebruik van groeistoffen voor de bestrijding van onkruiden. Daarna gaat de schrijver over op de chemische structuur van groeistoffen. De voornaamste groeistof is in chemisch opzicht een vrij eenvoudige stof, namelijk het 3-indolylazijnzuur, dat synthetisch kan worden bereid. Vervolgens worden vijf, in 1938 door Koepfli, Thimann en Went opgestelde, punten van overeenstemming van stoffen met groeistofactiviteit vermeld, welke punten in 1949 door Veldstra en Booy zijn vereenvoudigd tot twee. Door samenwerking van Philips-Roxane met het Organisch-chemisch Instituut T.N.O. werd echter onlangs een groep stoffen met vrij grote groeistofactiviteit ontdekt waarvan het molecuul geen ringsysteem bevat en daardoor aan de eerste voorwaarde van Veldstra en Booy niet voldoet. In de nieuwe groep van groeistoffen blijkt in plaats van het ringsysteem een eveneens vlakke atoomgroep op te treden. Aan deze atoomgroep is een zijketen gehecht, die aan de tweede voorwaarde van Veldstra en Booy wèl voldoet.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN TOESTEL VOOR BUIGPROEVEN

620.177.3

Vaak wordt aan een materiaal de eis gesteld dat het niet mag scheuren of breken bij buiging over een voorgeschreven hoek om een doorn van voorgeschreven diameter. De uitkomst van een buigproef is echter afhankelijk van de manier waarop de proef wordt uitgevoerd, en deze manier wordt gewoonlijk niet gespecificeerd. Hierdoor kan verschil van mening ontstaan tussen leverancier en afnemer over de vraag of het materiaal al dan niet aan de gestelde eis voldoet.

Ter voorkoming van een dergelijk meningsverschil is op de afdeling „Materiaalonderzoek" van het Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven een speciaal buigtoestel ontwikkeld voor het onderzoek van plaat of strip (*fig. 1*). Het proefstuk kan hierin met een enkele handbeweging, zonder schokken, met de juiste straal om de doorn worden gebogen over iedere hoek tussen 0 en 180°. De constructie is weergegeven in *fig. 2*. Het te buigen proefstuk *4* wordt geklemd tussen het klemstuk *1* en de verwisselbare doorn *3*. De doorn is hier uitgevoerd als een plaat die aan zijn naar boven gekeerde zijkant van de juiste afronding is voorzien. Het klemstuk *1* heeft aan de bovenzijde een zodanige vorm dat het proefstuk tot zo dicht mogelijk bij de buigingsplaats wordt ondersteund. Een ongewenste uitbuiging van het proefstuk tussen klemstuk en buigingsplaats wordt zo voorkomen. Het ombuigen geschiedt door de meenemer *7*, die wordt bewogen met de hefboom *9*. In de meenemer zijn drie rollen *6* gemonteerd, waardoor de meenemer tijdens het ombuigen vrijwel zonder wrijving langs het proefstuk kan glijden en hierop nagenoeg geen trekkracht uitoefent. Door een trekkracht zou immers het proefstuk niet aan een zuivere buiging worden onderworpen en zou voortijdige scheuring kunnen optreden. Aanpassing aan de dikte

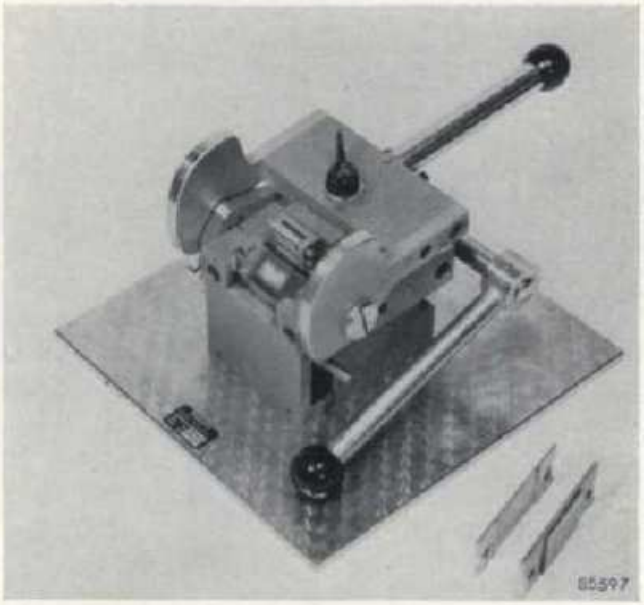


Fig. 1. Het nieuw ontwikkelde toestel voor keuring van materialen in plaat- of stripvorm op hun buigbaarheid. Het proefstuk wordt ter plaatse van de rollen ingeklemd. Rechts naast het toestel nog twee der verwisselbare „doorns", plaatjes die aan hun naar boven gekeerde zijkanten zijn voorzien van afrondingen, waaromheen het proefstuk wordt gebogen.

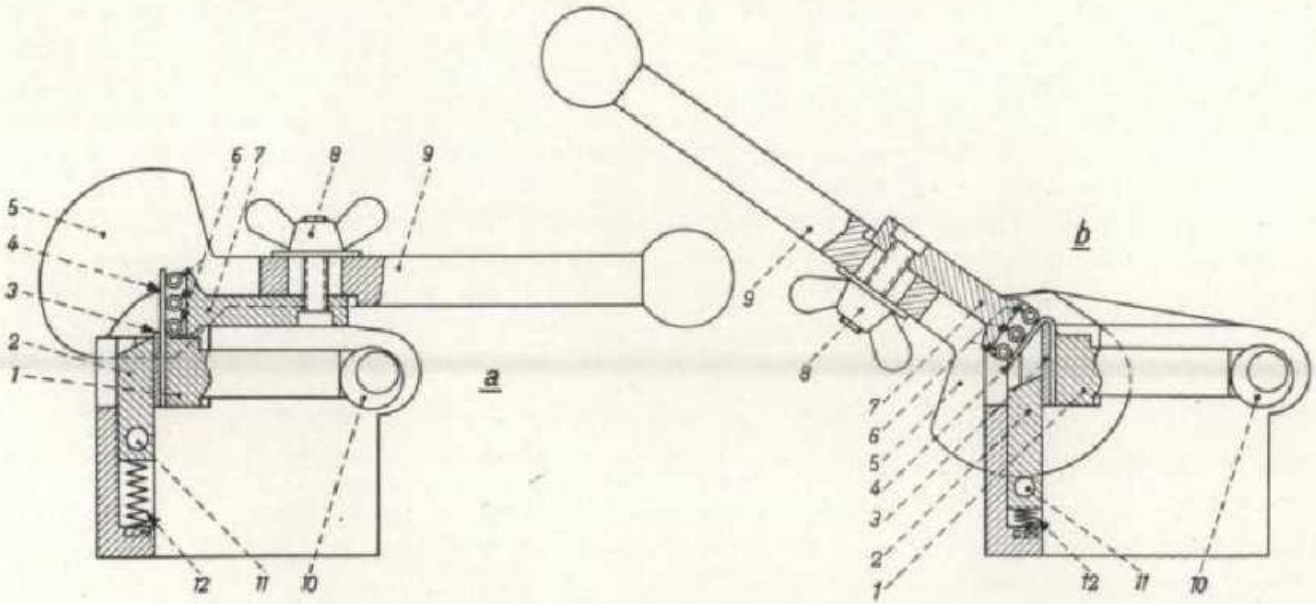


Fig. 2. Constructie van het buigtoestel van fig. 1. *1* klemstuk; *2* drukstuk; *3* doorn; *4* proefstuk; *5* wang die dient om het drukstuk *2* omlaag te bewegen; *6* rollen, gemonteerd in de meenemer *7*, die met vleugelmoer *8* is bevestigd aan de hefboom *9*. Het excentriek *10* dient voor het vastklemmen van het proefstuk. *11* pen voor het omlaagdrukken van *2*. *12* veer. *a*) Toestel in de beginstand, na het inzetten van het proefstuk; *b*) na buiging over 145°.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

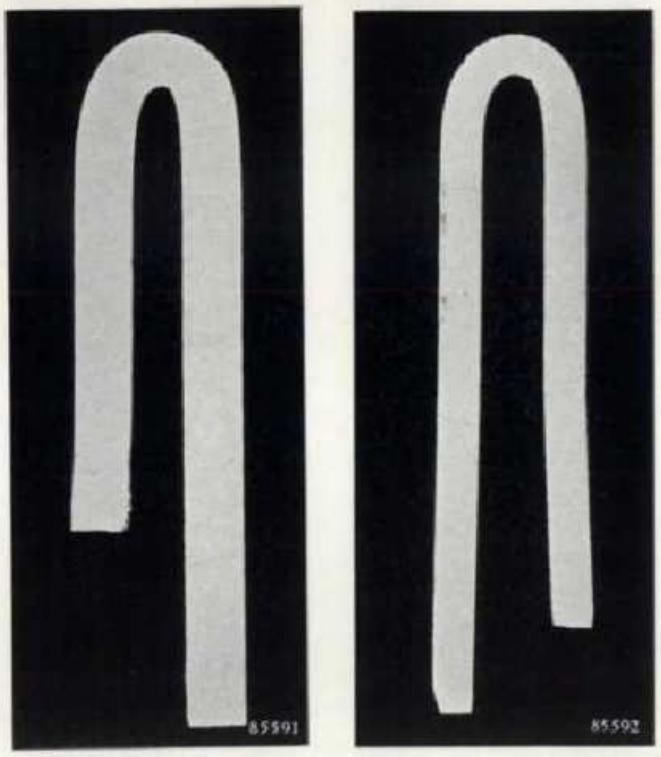
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van het proefstuk is mogelijk doordat de meenemer, door middel van de vleugelmoer *8* en een in de hefboom *9* aangebracht sleufgat, verstelbaar is. Hefboom *9* is draaibaar om twee assen waarvan de hartlijnen aan weerszijden van de doorn in de verlengden liggen van de hartlijn van de doornafronding; dit is essentieel voor de goede werking van het toestel. De verwisselbare doorns zijn zo geslepen dat de hartlijn van de afronding steeds op dezelfde plaats in het toestel valt. Om doorbuiging van de, veelal dunne, doorn te voorkomen, wordt de doorn gesteund door een drukstuk *2*. Dit drukstuk neemt de horizontale component op van de kracht die tijdens het buigen op de doorn werkt. Wordt de buigingshoek groter dan 90°, dan keert deze component van richting om, zodat dan klemstuk *1* de horizontale kracht opneemt en het drukstuk *2* functioneel overbodig is geworden. Het drukstuk zou bij verdere buiging zelfs in de weg zitten. Daarom wordt het, tegen de werking van twee veren *12* in, naar beneden gedrukt door de met hefboom *9* verbonden wangen *5*, die, als de buigingshoek 90° is geworden, contact maken met de pen *11* (fig. 2*b*). De buiging kan daardoor zonder belemmering tot 180° worden voortgezet. De buigingshoek kan worden afgelezen op één der wangen *5* die daartoe voorzien is van een schaalverdeling. Reeds na buiging over 60 à 70° is het gebogen gedeelte van het proefstuk op de rug zichtbaar zonder dat het proefstuk uit het toestel behoeft te worden genomen. Men kan dus goed waarnemen bij welke buigingshoek scheurvorming begint.

Fig. 3a toont een doorsnede van een proefstukje van chroomstaal met een treksterkte van ca. 65 kg/mm² en een dikte van 1,9 mm, 180° gebogen om een doorn met een diameter van 0,95 mm. De doorndiameter was hier dus de helft van de materiaaldikte. Uit de figuur blijkt dat onder deze voor een buigproef wel zeer ongunstige omstandigheden, het proefstuk de doorn toch nog zeer redelijk volgt. Fig. 3*b* toont dat onder gunstiger omstandigheden (vloeistaal met 40 kg/mm² treksterkte, van 1,0 mm dikte en gebogen om een doorn van 1,20 mm diameter) de afronding de doorn vrijwel precies volgt.

Zoals reeds werd vermeld, dient het beschreven toestel voor het onderzoek van plaat of strip. Voor het onderzoek van materiaal in draad- of staafvorm kan een op dezelfde principes gebaseerd toestel worden geconstrueerd.

Ten einde duidelijk te maken waarom voor een op het oog zo simpele proef als de buigproef toch een tamelijk gecompliceerd toestel is ontwikkeld, willen wij nog enige opmerkingen maken over de veelal vrij primitieve methodes die voor het uitvoeren van de buigproef meestal worden toegepast.



a *b*

Fig. 3. *a*) Doorsnede van een proefstuk van chroomstaal, over 180° gebogen in het toestel dat is afgebeeld in fig. 1 (treksterkte proefstuk ca. 65 kg/mm²; dikte proefstuk $d = 1{,}9$ mm; doorndiameter $D = 0{,}95$ mm, dus $D/d = 0{,}5$).
b) Doorsnede van een proefstuk van vloeistaal (treksterkte ca. 40 kg/mm²; dikte $d = 1{,}0$ mm; doorndiameter $D = 1{,}2$ mm, dus $D/d = 1{,}2$).

Dikwijls bevestigt men doorn en proefstuk samen in een klem (*fig. 4a*) en legt men met de hand of met een hamer het materiaal om de doorn. Om het proefstuk de doorn goed te laten volgen, moet men de buigende kracht vlak bij de doorn laten aangrijpen (fig. 4*b* en *c*). Slaan met een hamer moet veroordeeld worden omdat hierdoor het materiaal aan een — bovendien onbekende — schokbelasting wordt onderworpen, die voortijdig scheuren of breken tot gevolg kan hebben. Daarenboven kan omslaan met een hamer, als dit dicht bij de doorn gebeurt, een ongewenste plaatselijke versteviging opleveren.

Is een buigingshoek groter dan 90° voorgeschreven, dan moet men, bij een dergelijke eenvoudige be-

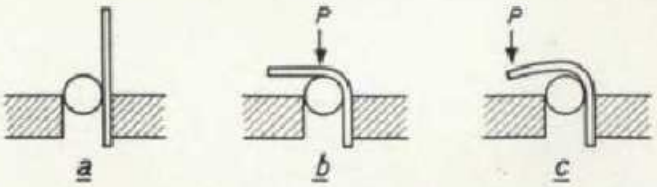


Fig. 4. Proefstuk en doorn ingeklemd voor een primitieve buigproef (*a*). Grijpt de buigende kracht P dicht bij de doorn aan, dan wordt het proefstuk goed om de doorn gelegd (*b*); grijpt P op enige afstand van de doorn aan, dan wordt met een te grote straal gebogen (*c*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

proevingsmethode, het proefstuk na buiging over 90° uit de klem nemen, vervolgens op andere wijze inspannen (*fig. 5a*) en met de klem zelf verder buigen. Nu is het echter vrijwel onmogelijk het proefstuk goed om de doorn te leggen: ten eerste grijpen de buigende krachten nu noodzakelijkerwijze aan op enige afstand van de doorn, maar bovendien glijdt, bij toenemende buigingshoek, de doorn altijd min of meer terug, waardoor scherper wordt gebogen dan is voorgeschreven (fig. 5*b*). Dit laatste zou men kunnen ondervangen door het proefstuk op de plaats tegenover de doorn te steunen (fig. 5*c*). Dan

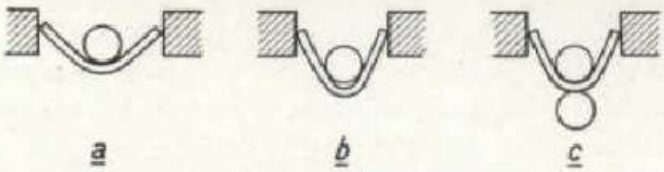


Fig. 5. Inklemming van het proefstuk uit fig. 4 voor voortgezette buiging over hoeken groter dan 90°. De bekken van de klem worden naar elkaar toe bewogen (*a*). Als in fig. 4*c* treedt tussen de doorn en de uiteinden van het proefstukje een ongewenste buiging op; bovendien glijdt de doorn weg, waardoor het proefstuk zal knikken (*b*). Ondersteuning tegenover de doorn (*c*) voorkomt dit, maar belemmert een vrije buiging.

wordt het materiaal echter niet zuiver op buiging belast. De door de steun uit te oefenen kracht kan bovendien zo aanzienlijk zijn dat een ongewenste vervorming van het materiaal op de buigingsplaats optreedt. Ook kan het begin van eventuele scheurvorming niet worden waargenomen.

Is buiging over 180° voorgeschreven, dan wordt dikwijls met behulp van een stempel, voorzien van een afronding met de voorgeschreven doornstraal, het proefstuk in een spleetvormige matrijs gedrukt, waarvan de spleetbreedte gelijk is aan de stempeldikte plus tweemaal de dikte van het proefstuk (*fig. 6*). Hier treedt een ongewenste belasting van het proefmateriaal op door de tussen de matrijs en dit materiaal optredende wrijving. Door de matrijs af te ronden en eventueel taps te laten toelopen, kan men deze wrijving beperken, maar ver kan men met deze maatregelen niet gaan, daar dan dezelfde bezwaren als in fig. 5*a* en *b* optreden. De methode is practisch niet bruikbaar als de verhouding van stempeldikte tot materiaaldikte klein is, en ook niet

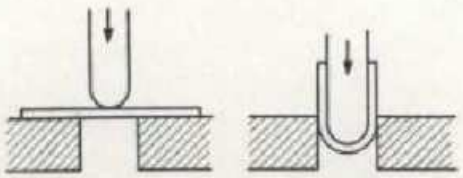


Fig. 6. Buiging met een als stempel uitgevoerde doorn en een matrijs.

als proefstuk en stempel beide dun zijn. In het eerste geval worden de in de doorn opgewekte spanningen zo groot dat deze bezwijkt. In het tweede geval wordt door de optredende schuifkrachten het proefstuk afgeschoven.

Soms wordt speciaal gereedschap gebruikt, dat reeds enige elementen bevat van het in dit artikel beschreven meer geperfectioneerde toestel. Het proefstuk wordt vastgehouden in een klem waarvan één der klemstukken is voorzien van de afronding waarom moet worden gebogen (*fig. 7*). Dit klemstuk

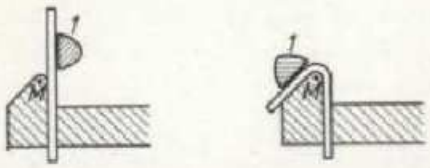


Fig. 7. Buiging met speciaal gereedschap. Het draaipunt van de meenemer *1* valt samen met het middelpunt *M* van de afronding waaromheen wordt gebogen.

dient als doorn. Met een meenemer *1*, bevestigd aan een arm waarvan de draaiingsas samenvalt met de hartlijn van de doornafronding, buigt men het proefstuk om de afronding. Hiermee kan men echter slechts tot ca. 110° buigen (afhankelijk van de vereiste stevigheid van de doorn). Verder oefent de langs het proefstukje glijdende meenemer een trekkracht uit. Deze bezwaren zijn in het ontwikkelde toestel vrijwel overwonnen.

M. J. W. GEENEN.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN ELECTRISCHE KOORTSTHERMOMETER

621.317.39:536.531:616-073.65

De kwikthermometers die men gewoonlijk toepast als koortsthermometer, vereisen — zelfs indien gebruikt op de snelste en betrouwbaarste wijze, nl. rectaal — na aanleggen een tijd van drie tot tien minuten alvorens de aflezing verricht kan worden. Er bestaan typen waarbij, door verkleining van de afmetingen, de insteltijd tot één minuut is teruggebracht. Door deze verkleining wordt echter het aflezen zowel als het „afslaan" bemoeilijkt.

De lange insteltijd wordt niet alleen veroorzaakt door de vrij grote warmteweerstand tussen het lichaamsweefsel en het kwik, maar ook door de aanzienlijke warmtecapaciteit van de thermometer. Deze warmtecapaciteit maakt dat het weefsel in contact met de thermometer in temperatuur daalt; het duurt geruime tijd alvorens de temperatuurdaling door de bloedcirculatie is tenietgedaan.

De genoemde nadelen zijn vrijwel geheel ondervangen in een electrische weerstandsthermometer als afgebeeld in *fig. 1* [1]), waarvan de insteltijd slechts 13 sec bedraagt. De thermometer bestaat uit een taster, die met een snoer verbonden is met een meetapparaatje, welk laatste zo is gedimensioneerd dat het gemakkelijk in de hand ligt. Het temperatuurgevoelige element in de taster wordt gevormd door een keramisch halfgeleidend materiaal met grote negatieve temperatuurcoëfficient van de weerstand, een zg. NTC-weerstand [2]) of kortweg NTC.

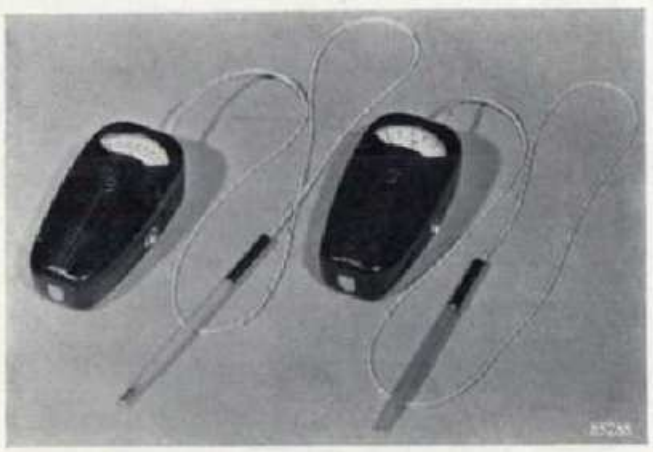


Fig. 1. Links de electrische koortsthermometer, bestaande uit een taster en een meetapparaatje, onderling verbonden door een buigzaam snoer. De knop die opzij van het apparaatje zichtbaar is, wordt gedurende de meting ingedrukt. De insteltijd is ongeveer 13 sec. Rechts een uitvoering als huidthermometer.

[1]) De in dit artikel besproken thermometers zijn tot nu toe slechts voor experimentele doeleinden gebruikt en zijn niet leverbaar.

[2]) E. J. W. Verwey, P. W. Haayman en F. C. Romeyn, Halfgeleiders met een grote negatieve temperatuurcoëfficient van de weerstand, Philips techn. T. 9, 239-248, 1947.

Het weerstandslichaam is eivormig; de lange as is circa 1 mm, de diameter circa 0,4 mm. In het weerstandslichaam zijn, evenwijdig aan de lange as, twee electrische contactdraden vastgebakken. De weerstand tussen deze twee draden is een maat voor de temperatuur. Zoals vanzelf spreekt, moet gedurende de meting een meetstroom door de NTC vloeien. Uitwendig is de NTC bedekt met een glazuurlaagje om de invloed van de atmosfeer te weren; dit maakt deze weerstanden zeer stabiel, wat voor het beoogde doel natuurlijk een eerste vereiste is. Door keuze van de samenstelling en van de behandeling van het keramische materiaal heeft men de weerstand bij kamertemperatuur binnen wijde grenzen in de hand.

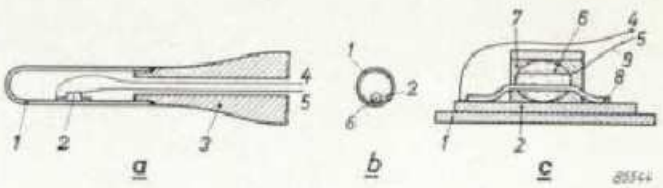


Fig. 2. *a*) Langsdoorsnede door het uiteinde van de taster van de koortsthermometer. *1* warmtereceptor, een zilveren buisje waarvan de uitwendige vorm en afmetingen overeenkomen met die van het kwikreservoir van een normale koortsthermometer. *2* zilveren cylindertje, vastgesoldeerd aan de warmtereceptor en de NTC-weerstand bevattend. *3* in de lengterichting doorboorde houder van nylon. *4* en *5* electrische toevoerdraden. *b*) Dwarsdoorsnede door de taster ter plaatse van het cylindertje *2*. *6* is de NTC-weerstand.
c) Langsdoorsnede door het zilveren cylindertje *2*. *6* NTC-weerstand, *7* „Araldit", *8* dikke contactdraad van zuiver platina, met beide uiteinden vastgesoldeerd aan de lipjes waarvan *2* is voorzien. *9* dunne contactdraad van platina-iridium.

Het uiteinde van de taster (*fig. 2*) bestaat uit een zilveren buisje, de zg. „warmtereceptor", waarvan de buitenafmetingen overeenkomen met die van het kwikreservoir van een normale koortsthermometer. Tegen de binnenwand van de warmtereceptor is een zilveren cylindertje gesoldeerd waarin, precies passend, de NTC met „Araldit" is vastgekit. Hier is geen electrisch contact, maar wel warmtecontact tussen cylindertje en NTC; de warmte die door de warmtereceptor van het lichaamsweefsel wordt opgenomen, wordt via het cylindertje rondom aan de NTC toegevoerd. Bovendien wordt deze warmte rechtstreeks naar het inwendige van de NTC geleid door één der electrische contactdraden. Met het oog op deze functie is de bedoelde contactdraad (*8* in fig. 2*c*) vrij dik uitgevoerd (100 μ) en vervaardigd van zuiver platina, dat, evenals zilver, een uitstekende warmtegeleider is. Zoals te zien is in de figuur, zijn beide uiteinden van deze

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

draad vastgesoldeerd aan het de NTC omgevende cylindertje, dat aan weerszijden een lipje bezit.

Dank zij het bijzonder goede warmtecontact tussen de NTC en de warmtereceptor zal ook de warmte die door de meetstroom in de NTC wordt opgewekt, zich snel over de receptor verdelen. Dit is een groot voordeel: de opgewekte warmte veroorzaakt immers een temperatuurstijging van de NTC, en daarmee een fout in de meting, die groter is naarmate deze warmte minder snel wordt afgevoerd. Proeven hebben uitgewezen dat men om genoemde fout tot een acceptabele waarde te beperken, bij een thermometer van de beschreven constructie een veel grotere warmteontwikkeling kan toelaten dan wanneer de NTC in een glazen buisje is opgenomen. Dit betekent dus dat men met een grotere meetstroom kan werken, waardoor de meting gevoeliger wordt. De in de NTC maximaal toelaatbare energiedissipatie bleek 0,25 mW te bedragen.

Ten einde de temperatuur van het meetobject zo weinig mogelijk door de meting te beïnvloeden, moet de warmteafvoer via de taster naar de omgeving zo klein mogelijk zijn. Met het oog hierop is de houder waarop de zilveren warmtereceptor is bevestigd, vervaardigd van nylon, welk materiaal een goede warmte-isolator is (veel beter dan bijv. glas). De oppervlakte van de receptor die in contact is met deze houder, is bovendien gering gehouden ten opzichte van de oppervlakte die met het lichaam in contact is. Warmteafvoer via de houder is zo tot een minimum beperkt. De warmteafvoer via de koperen electrische toevoerdraden die de NTC verbinden met de meetapparatuur, wordt gering gehouden door deze draden zeer dun te nemen. Een gunstige omstandigheid is dat de door warmteafvoer via de taster veroorzaakte fout en de fout die wordt veroorzaakt door warmteontwikkeling in de NTC als gevolg van de meetstroom, tegengesteld teken hebben en elkaar dus enigszins compenseren.

Men dient rekening te houden met nog een derde foutenbron, die werkzaam kan zijn zelfs indien de totale warmteafvoer via de taster zo gering is dat hij de te meten lichaamstemperatuur niet merkbaar beïnvloedt. De warmtereceptor heeft in dat geval precies de juiste temperatuur. Dat gedeelte van de warmte dat wordt afgevoerd via toevoerdraad *5* (fig. 2c), passeert de NTC zelf. De NTC-massa heeft een aanzienlijke warmteweerstand, zodat er een temperatuurverschil in ontstaat, dat een fout in de meting veroorzaakt. Deze fout kan worden beperkt door de warmteweerstand achter de NTC te vergroten. Met dit doel is de contactdraad *9* zeer dun gemaakt en bovendien vervaardigd van platina-iridium, waarvan het soortelijke warmtegeleidingsvermogen ca. $^1/_3$ bedraagt van dat van zuiver platina. Door deze maatregelen is de warmteweerstand per cm lengte van de dunne contactdraad *9* ca. 25 × zo groot als die van de dikke contactdraad *8*. Warmteafvoer langs toevoerdraad *4*, die is vastgesoldeerd aan het zilveren cylindertje *2*, en die op deze wijze electrisch is verbonden met contactdraad *8*, gaat, evenals de warmteafvoer langs de houder zelf, buiten de NTC om, en heeft derhalve niet zo'n fout tot gevolg.

De NTC vormt een der takken van een brug van Wheatstone. De toevoerdraden lopen door de in de lengterichting doorboorde houder via het snoer naar het meetapparaatje, dat de drie andere weerstandstakken, het aanwijsinstrument in de ene brugdiagonaal en de voedingsbatterij in de andere diagonaal bevat. De brug wordt niet voor iedere meting met behulp van een variabele weerstand in evenwicht gebracht (zg. nulmethode); dat zou te omslachtig zijn. De weerstanden zijn zo gekozen dat geen stroom door het aanwijsinstrument vloeit (brug in evenwicht) als de temperatuur van de NTC overeenkomt met de laagste op de schaal aangegeven waarde (35 °C). Bij hogere temperaturen van de NTC vertoont de meter een uitslag doordat er nu wel een stroom door vloeit. De bij temperaturen lager dan 35 °C vloeiende stroom veroorzaakt geen meteruitslag, daar dan de wijzer tegen een aanslag rust.

Alleen gedurende een meting wordt, door het indrukken van een verende knop (fig. 1), de batterij aangesloten. Daar het instrument gedurende de meting, vrijwel onmiddellijk na het aanleggen van de taster, kan worden afgelezen, is inrichting als maximumthermometer niet nodig.

De meter is geijkt in °C, het meetgebied loopt van 35 tot 42 °C, bij een schaallengte van 3 cm.

De gevoeligheid van de meetschakeling, dwz. de uitslag van het aanwijsinstrument per °C temperatuurverandering van de NTC, hangt natuurlijk af van de klemspanning van de batterij, waaraan dus terwille van een constante ijking de eis van grote constantheid moet worden gesteld. Het gebruikte kwikoxyde-element voldoet aan deze voorwaarde, mits men het slechts intermitterend en kortstondig belast — wat bij de beoogde temperatuurmetingen het geval zal zijn — en mits slechts een kleine stroom wordt afgenomen [3]). Bij het apparaatje is in de mogelijkheid voorzien de batterijspanning op eenvoudige wijze te controleren. Uitgaande van de door zo'n

[3]) Zie bijv. G. W. Vinal, Primary batteries, J. Wiley, New York 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

element geleverde spanning (1,34 V) en de eerder genoemde maximaal toelaatbare energiedissipatie in de NTC (0,25 mW), zijn voor de brugweerstanden voorwaarden afgeleid waaronder de meteruitslag per °C maximaal wordt. Het is gebleken dat indien men aan deze voorwaarden voldoet (de NTC-weerstand blijkt van de orde van 1000 Ω te moeten zijn), de totale door de batterij te leveren stroom nog klein genoeg is om met één kwikoxydecel van het kleinste verkrijgbare type te kunnen volstaan. Als aanwijsinstrument wordt een draaispoelmeter met bandophanging gebruikt, die bestand is tegen de schokken die men bij een handinstrument moet verwachten.

De weerstand van de NTC is geen lineaire functie van de temperatuur; de weerstandsverandering per graad temperatuurverandering neemt sterk af met toenemende temperatuur (*fig. 3*). Het is echter een gelukkige omstandigheid dat de gevoeligheid van de brug voor weerstandsveranderingen

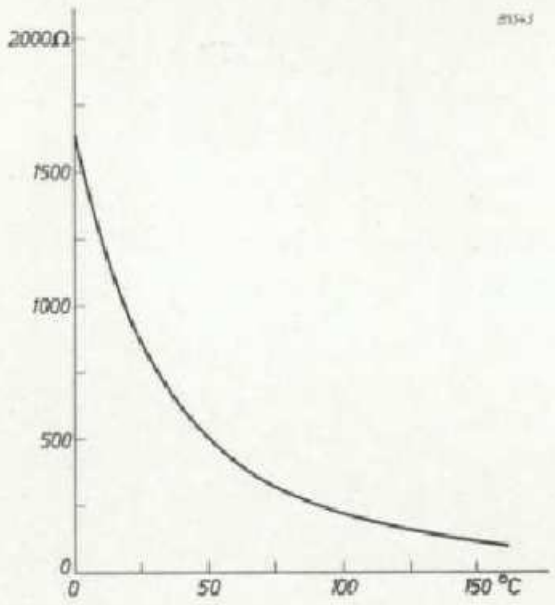


Fig. 3. De weerstand van een NTC als functie van de temperatuur.

van de NTC toeneemt met toenemende afwijking van het brugevenwicht. Een nadere analyse van de brugeigenschappen heeft aan het licht gebracht dat het mogelijk is de brug zo in te richten dat de twee genoemde effecten elkaar vrijwel compenseren, waardoor het verband tussen de gemeten temperatuur en de brugstroom nagenoeg lineair wordt. In het voor de koortsthermometer voorgeschreven meetgebied (35 tot 42 °C) is dan bovendien voldaan aan de voorwaarden opgelegd aan de brugweerstanden voor een maximale gevoeligheid. Men kan de temperatuur gemakkelijk aflezen met de nauwkeurigheid van 0,1 °C die is voorgeschreven in de Engelse en Amerikaanse normaalbladen.

Een lineair verband biedt aanzienlijke voordelen. Niet alleen is hierbij de absolute afleesnauwkeurigheid binnen het gehele meetgebied constant, doch men kan ook voor elke meter een zelfde, van te voren gedrukte, lineaire schaal gebruiken. Zorgt men ervoor dat de meter bij twee temperaturen juist aanwijst, dan wijst hij nu overal juist aan. Voor één temperatuur kan men met de nulpuntsinstelling van het aanwijsinstrument de aanwijzing instellen, voor een tweede temperatuur kan men voor dit doel de gevoeligheid van de meter regelen met behulp van een weerstandje in serie met het aanwijsinstrument.

In sommige gevallen is het voor de arts van belang de temperatuur van de huid te kunnen meten, bijv. bij gestoorde bloedcirculatie. Voor deze toepassing (meetgebied 15-42 °C) was het nodig de

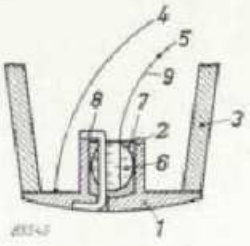


Fig. 4. Doorsnede door de taster van de huidthermometer. De warmtereceptor heeft hier een zodanige vorm dat een goed contact met de huid mogelijk is. De betekenis der cijfers is dezelfde als in fig. 2. De delen *1* en *2* zijn hier uit één stuk zilver gedraaid.

warmtereceptor enigszins te wijzigen, tot de vorm van *fig. 4*. Een afbeelding van de huidthermometer vindt men in fig. 1. Ook bij dit grotere meetgebied was het mogelijk de schaal, binnen de afleesnauwkeurigheid van 0,2 °C, lineair te maken. De hiervoor nodige weerstandswaarden leveren niet tegelijkertijd een maximale gevoeligheid. Gezien de vergroting van het meetgebied bij behoud van

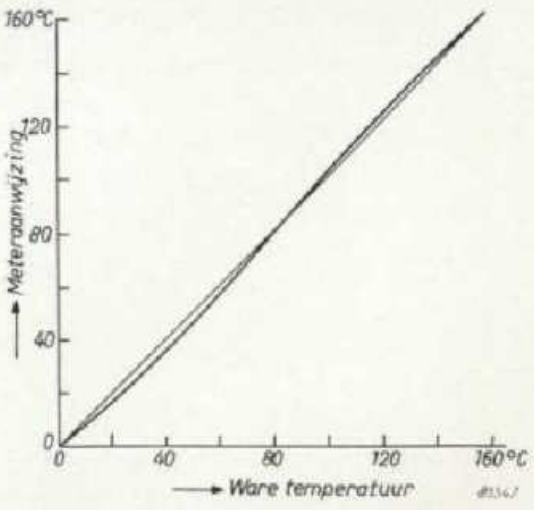


Fig. 5. Grafiek die de geringe afwijking van een lineaire schaal toont voor een electrische thermometer voor technische toepassingen, met een schaal lopende van 0 tot 160 °C. De temperatuurcoëfficient van de NTC varieert in dit meetgebied een factor 20.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dezelfde schaallengte, zou men echter van de maximale gevoeligheid toch geen gebruik kunnen maken.

Het is gebleken, dat de voor de huidthermometer ontwikkelde constructie ook geschikt is voor de koortsthermometer, mits deze rectaal wordt aangelegd (legt men de thermometer bijv. aan in de oksel, dan is er bij de constructie van fig. 4 onvoldoende zekerheid dat de warmtereceptor in direct contact is met de huid). Door de meter uit te voeren met twee, door middel van een schakelaar te kiezen, meetgebieden heeft men dan koorts- en huidthermometer in één instrument verenigd. Dit is dubbel aantrekkelijk omdat de in fig. 4 afgebeelde constructie eenvoudiger en dus goedkoper is dan van die fig. 2.

Volgens het hierboven beschreven principe kunnen ook technische thermometers geconstrueerd worden voor een veel groter meetgebied, bijv. lopende van 0 tot 160 °C. Hierbij is het niet meer mogelijk het verband tussen temperatuur en meteruitslag precies lineair te maken, zodat een gecalibreerde schaal moet worden gebruikt. Wel kan men de brugsweerstanden zo kiezen dat de afwijking van de lineariteit betrekkelijk gering is, zodat het voordeel van een nagenoeg constante absolute afleesnauwkeurigheid behouden blijft (zie *fig.* 5). Als toepassingsvoorbeelden noemen we: snelle controle van de temperatuur van weerstanden in electrische apparaten (ook terwijl deze in werking zijn), van temperaturen van glij- en kogellegers, koolborstels, transformatorkernen, en van de doorvoeringen naar de electrodes in electronenbuizen.

C. C. J. ADDINK.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

2218: D. Kleis: Dynamique de l'enregistrement magnétique (Onde électrique **34**, 753-760, Oct. 1954).

Het is voor een goede geluidsweergave essentieel dat de dynamiek (span) voldoende groot is. Het grote symphonieorkest heeft een dynamiek van ca. 80 dB; bij magnetische registratie is thans een dynamiek van 70 dB mogelijk, zodat men er terdege voor moet zorgen deze mogelijkheid volledig uit te buiten. Dit stelt hoge eisen aan de apparatuur voor het opnemen, zowel als aan die voor het weergeven. Tenzij men speciale maatregelen neemt, bestaat bij het opnemen het gevaar dat bij de toe te passen grote span, als gevolg van asymmetrie van de wisstroom, maar vooral als gevolg van asymmetrie van de bijstroom, het ruisniveau en de vervorming ontoelaatbare waarden bereiken.

Bij de gebruikelijke weergeefkoppen is de door de kop aan de weergeefversterker afgeleverde signaalspanning niet alleen evenredig met de amplitude van de flux in de weergeefkop, maar ook met de frequentie. Dit laatste heeft tot gevolg dat de dynamiek van de door de kop afgeleverde signaalspanning aanzienlijk groter is dan die van de magnetische registratie zelf. Ter voorkoming van de introductie van ruis en vervorming door de weergeefversterker moet men daarom ook bij de weergeefapparatuur speciale schakelingen toepassen.

In het artikel worden de genoemde factoren in beschouwing genomen en worden middelen genoemd waarmee men zowel aan de opneem- als aan de weergeefzijde de gewenste dynamiek kan realiseren. Deze middelen bestaan in het bijzonder in de toepassing van een tegengekoppelde hoogfrequentieoscillator voor de wis- en de bijstroom bij het opnemen, en van een versterker met een van de frequentie afhankelijke tegenkoppeling bij het weergeven.

2219: G. W. Rathenau en G. Baas: Electron-optical observations of transformations in eutectoid steel (Acta Metallurg. **2**, 875-883, 1954, No. 6).

Ietwat uitvoeriger en met meer foto's verlucht verslag van een onderzoek waarover een korte mededeling is verschenen in Philips techn. T. **17**, 147-149, 1955 (No. 5).

2220: J. M. Stevels: Networks in glasses and other polymers (Glass Ind. **35**, 657-662, 1954, No. 12).

De diëlectrische verliezen, gemeten als $\mathrm{tg}\,\delta$, worden, als functie van de temperatuur, voor een aantal glazen, kwartsglas en kristallijn kwarts met elkaar vergeleken. Aangetoond wordt dat de scherpe

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

piek die in de kromme voor kristallijn kwarts bij een zeer lage temperatuur optreedt, wordt veroorzaakt door een relaxatiemechanisme met één relaxatietijd en één activeringsenergie. Voor kwartsglas en de onderzochte glazen vindt men een zeer breed maximum van $\operatorname{tg}\delta$ bij lage temperatuur. Het wordt plausibel gemaakt dat men in de laatstgenoemde gevallen te maken heeft met de bewegingen van de zwevende zuurstof, gemodificeerd door het netwerk waaraan zij gebonden zijn. Bij afnemende Y (= het gemiddelde aantal contactpunten per tetraëder) gaat $\operatorname{tg}\delta_{max}$, en ook de bij deze waarde van $\operatorname{tg}\delta$ optredende verlaging $\Delta\varepsilon$ van de diëlectrische constante ε, door een maximum, de activeringsenergie door een minimum. Dit kan men zo begrijpen dat weliswaar het netwerk steeds losser wordt, maar dat tegelijkertijd de netwerkwijzigende ionen in aantal toenemen, waardoor de zwevende zuurstof weer minder bewegelijk wordt.

De $\operatorname{tg}\delta$ van siliconen en andere organische polymeren vertoont eveneens een flauw maximum bij zeer lage temperatuur. Hier vindt men echter tevens zeer uitgesproken maxima bij ongeveer 200 °K. De mogelijke oorzaken hiervan worden besproken.

2221: F. A. Kröger en H. J. Vink: Physico-chemical properties of diatomic crystals in relation to the incorporation of foreign atoms with deviating valency (Physica **20**, 950-964, 1954, No. 11).

Vervangt men in een ionenkristal een fractie van de ionen door andere met een afwijkende lading, dan kan de electrische neutraliteit van het kristal worden gehandhaafd door verscheidene mechanismen. Een eerste mechanisme gaat gepaard met de vorming van zg. „vacatures" of met het innemen van interstitiële plaatsen. Een tweede mechanisme bestaat uit de reductie of de oxydatie van ionen van het basisrooster. In het artikel wordt aangetoond dat het mogelijk is de verschillende mechanismen vanuit een centraal gezichtspunt te overzien. Onder de factoren die bepalen welk mechanisme zal optreden, zijn vooral belangrijk: de concentratie van de vreemde ionen, de neiging van het kristalrooster om kristalfouten te vertonen, de hoogte der energieniveaus welke door de kristalfouten veroorzaakt worden, de breedte van de verboden energieband en de atmosfeer waarmee het (verontreinigde) kristal in thermodynamisch evenwicht is. Op deze wijze is een derde mechanisme voor handhaving van de electrische neutraliteit gevonden. Toepassing van de theorie op CdS levert bevredigende overeenstemming met de experimentele resultaten.

2222: F. van der Maesen en J. A. Brenkman: Acceptor activity of copper in *N*- and *P*-type germanium of different resistivity (Physica **20**, 1005-1007, 1954, No. 11).

Het is bekend dat koper in germanium als acceptor kan fungeren. Om dit nader te onderzoeken, werden germaniumkristallen van type *P* zowel als van type *N*, met verschillende waarden van de soortelijke weerstand, bij hoge temperatuur verzadigd met koper en vervolgens snel afgekoeld. De proeven werden gedaan bij 750 en bij 810 °C. Het aantal geïntroduceerde acceptors, dat werd berekend uit de gemeten verandering van de soortelijke weerstand, blijkt af te hangen van de hoogte van het Fermi-niveau in de kristallen. In kristallen van type *N* die ook na verzadiging met koper tot dit type behoren, komt de acceptoractiviteit van het koper bijzonder sterk naar voren. De waarnemingen wijzen erop dat koper extra-energieniveaus met vrij grote activeringsenergie introduceert. De proeven werden ook uitgevoerd aan kristallen in staafvorm waarbij de soortelijke weerstand van het ene naar het andere uiteinde geleidelijk verliep.

2223: H. J. G. Meyer: On the theory of transitions of *F*-center electrons (Physica **20**, 1016-1020, 1954, No. 11).

In de uitdrukkingen, gegeven door Huang en Rhys, en recenter door de auteur van het onderhavige artikel (vgl. deze overzichten No. **2171**), voor de waarschijnlijkheid van stralingsloze overgangen in *F*-centra, komen zekere parameters voor, welker numerieke waarden moeten worden afgeleid uit een vergelijking van het experimentele met het theoretische absorptiespectrum van de desbetreffende stof. Men vindt dan, indien zekere geringe, doch systematische afwijkingen tussen theorie en experiment worden verwaarloosd, waarden voor de waarschijnlijkheden van stralingsloze overgangen van een redelijke orde van grootte. Vervolgens wordt kwalitatief aangetoond dat de genoemde afwijkingen hun oorzaak vinden in het feit dat de zg. Condon-benadering, die bij de bepaling van het theoretische spectrum gemaakt werd, voor het hier beschouwde geval niet geldig is.

2224: B. H. Schultz: Surface recombination as a function of the concentration of charge carriers in the interior (Physica **20**, 1031-1033, 1954, No. 11).

In dit artikel worden gemeten waarden van de oppervlakte-recombinatiesnelheid s waarmee gaten en electronen aan het oppervlak van germanium-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

kristallen (van type P zowel als van type N) recombineren, vergeleken met hetgeen theoretisch moet worden verwacht op grond van een beschouwing van Brattain en Bardeen over oppervlaktetoestanden. Er is een kwalitatieve overeenstemming: s blijkt inderdaad groot te zijn voor materiaal met geringe soortelijke weerstand, maar hangt minder sterk af van de soortelijke weerstand dan de theorie voorspelt. Voor intrinsiek germanium (d.i. germanium waarin noch donors, noch acceptors domineren) behandeld met een polijstend etsmiddel, werd $s = 20$ cm/sec gemeten.

2225: F. A. Kröger, H. J. Vink en J. Volger: Resistivity, Hall effect and thermo-electric power of conducting and photo-conducting single crystals of CdS from 20-700 °K (Physica **20**, 1095-1099, 1954, No. 11).

Kort verslag van een onderzoek waarover een uitvoerige publicatie is verschenen in Philips Res. Rep. **10**, 39-76, 1955 (No. 1); zie deze overzichten No. **R 260.**

2226: G. H. Jonker: Semiconducting properties of mixed crystals with perovskite structure (Physica **20**, 1118-1122, 1954, No. 11).

Langs keramische weg zijn mengkristallen met perofskietstructuur vervaardigd van $LaMe^{3+}O_3$ en $SrMe^{4+}O_3$ (Me = Ti, Cr, Mn, Fe of Co; al deze elementen zijn metalen uit de overgangsgroep). Kristallen met de algemene formule $(La_{1-x}Sr_x)(Me^{3+}_{1-x}Me^{4+}_x)O_3$ hebben een geringe soortelijke weerstand, daar hetzelfde Me-ion in twee valentietoestanden voorkomt. De mengkristallen hebben interessante eigenschappen indien de voor de Me-ionen beschikbare plaatsen onder twee verschillende metalen uit de overgangsgroep verdeeld zijn. Doordat voor de twee metalen de ionisatie-energie zal verschillen, mag men verwachten dat slechts één van hen in twee valentietoestanden zal voorkomen. Het blijkt zelfs mogelijk mengkristallen een zodanige samenstelling te geven dat één van de metalen op de Me-plaatsen uitsluitend als driewaardig, het andere uitsluitend als vierwaardig element optreedt, wat gepaard gaat met een scherp maximum in de soortelijke weerstand. Door voor verschillende soorten mengkristallen de samenstelling te bepalen waarvoor dit maximum optreedt, kon de volgende reeks worden opgesteld voor toenemende preferentie voor de vierwaardige toestand: Ti, Mn, Cr, Fe.

Bij enkele elementen treden complicaties op door de ferromagnetische eigenschappen van de onderzochte materialen, daar deze eigenschappen sterke invloed uitoefenen op de soortelijke weerstand. Dit is de oorzaak waardoor het moeilijk is de plaats van Co in de reeks vast te stellen.

2227: M. E. Wise: A quickly convergent expansion for cumulative hypergeometric probabilities, direct and inverse (Biometrika **41**, 317-329, 1954, No. 3-4).

Er wordt een veelterm afgeleid voor de cumulatieve waarschijnlijkheid P, d.i. de som van de eerste p termen van een reeks van hypergeometrische waarschijnlijkheden. Als van een partij bestaande uit N dezelfde artikelen, een fractie x uit foutieve exemplaren bestaat, stelt P de waarschijnlijkheid voor dat men minder dan p foutieve exemplaren zal aantreffen in een steekproef van n stuks. De veelterm is gerangschikt naar dalende machten van $(N-\frac{1}{2}n+\frac{1}{2})^2$; hetzelfde geldt voor de inverse veelterm, d.i. de veelterm die x uitdrukt in P. Van beide veeltermen zijn de eerste twee termen uitgewerkt. De toepassing wordt gedemonstreerd aan een practisch voorbeeld, waarbij diverse waarden, verkregen door òf alleen de eerste term te gebruiken, òf de som van de eerste twee termen te nemen, worden vergeleken met de exacte uitkomsten. Het blijkt dat de benadering met één of twee termen ruim voldoende is voor practische steekproefproblemen, behalve wanneer de betrokken waarschijnlijkheden zeer dicht bij 0 of 1 liggen. Bovendien zijn de nodige berekeningen zeer eenvoudig.

R 258: F. K. du Pré: On the microwave Cotton-Mouton effect in ferroxcube (Philips Res. Rep. **10**, 1-10, 1955, No. 1).

Een bundel electromagnetische centimetergolven die zich voortplant door een ferriet, wordt, indien een magnetisch veld H loodrecht op de voortplantingsrichting van de golven aanwezig is, gesplitst in twee verschillend gepolariseerde bundels. De gewone bundel heeft een magnetische component evenwijdig aan H, de buitengewone bundel heeft er een loodrecht op H. De twee bundels krijgen in het ferriet een fazeverschil, dat voor Ferroxcube 4B is gemeten als functie van het magnetische veld H. De frequentie van de centimetergolven was 9350 MHz. Toepassing van Polders theorie voor het eenvoudige geval dat vlakke golven zich voortplanten door een ferriet met kleine dempingsverliezen, levert behoorlijke overeenstemming met de experimentele resultaten.

R 259: W. L. Wanmaker, A. H. Hoekstra en M. G. A. Tak: The preparation of calcium halophosphate (Philips Res. Rep. **10**, 11-38, 1955, No. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De auteurs hebben de chemische reacties bestudeerd die plaatsvinden bij de bereiding van calciumhalophosphaat, een fosfor die gebruikt wordt in fluorescentielampen. Zij gingen uit van een mengsel van de componenten: $CaHPO_4$, $CaCO_3$, Sb_2O_3, $MnCo_3$, CaF_2 en $SrCl_2$. Dit mengsel werd bij verschillende temperaturen gestookt. Om het gedrag van de activatoren (Mn en Sb) na te gaan, werden nog drie andere mengsels bereid, nl. een eerste waarin het Sb_2O_3 was vervangen door Sb_2O_5, een tweede waarin het Mn ontbrak, en een derde waarin het Sb ontbrak. Met behulp van een thermische differentiaalanalyse werden bovendien de reacties bestudeerd van de zes bovengenoemde componenten afzonderlijk en van mengsels van twee of drie van deze componenten. De reactie die bij het stoken het eerst optreedt, is de ontleding van $MnCO_3$. Als de temperatuur verder stijgt, gaat het $CaHPO_4$ over in $Ca_2P_2O_7$. Deze reactie wordt gevolgd door de dissociatie van het $CaCO_3$. De eigenlijke fosfor begint te ontstaan bij ca. 800 °C. Voor het quantumrendement is vooral het gedrag van de activatoren van belang. Een aanzienlijk gedeelte van het antimoon ontwijkt gedurende het stoken als Sb_2O_3 of als $SbCl_3$. Bij 700 °C is het grootste gedeelte van het resterende antimoon in calciumantimonaat overgegaan. Deze verbinding wordt, in de door de auteurs onderzochte gevallen, bij hogere temperaturen weer ontleed, waarbij het driewaardige antimoon, dat men uiteindelijk wil hebben, ontstaat. Indien in een luchtatmosfeer wordt gestookt, wordt het aanwezige mangaan gedeeltelijk geoxydeerd tot Mn^{3+}; het gevolg hiervan is dat de fluorescentiekleur blauwer wordt. Het calciumantimonaat bleek, nadat dit was geïsoleerd, de samenstelling $CaO.Sb_2O_5$ te hebben. Deze stof fluoresceert zwak en heeft een lange nalichttijd.

R 260: F. A. Kröger, H. J. Vink en J. Volger: Temperature dependence of the Hall effect and the resistivity of CdS single crystals (Philips Res. Rep. **10**, 39-76, 1955, No. 1).

Van in het donker goed geleidende eenkristallen van CdS zijn het electrische geleidingsvermogen en de Hall-constante gemeten. Zowel in zuivere kristallen als in kristallen verontreinigd met Cl en Ga bleek de stroom door electronen (en niet door gaten) gedragen te worden. De Hall-constante bleek als functie van de temperatuur een maximum te vertonen, wat erop wijst dat twee energiebanden voor geleidingselectronen aanwezig zijn. De beste aansluiting bij de experimentele resultaten verkrijgt men door aan te nemen dat de electronen, behalve in de normale geleidingsband, ook nog kunnen bewegen in een band ter hoogte van de donorenergieniveaus (donorband). Bij kamertemperatuur werd voor de bewegelijkheid der electronen, die wordt beperkt door verstrooiing ten gevolge van thermische roostertrillingen, de waarde $\mu_e \approx 210$ cm²/V sec gevonden. Bij lage temperaturen, waarbij de geleiding hoofdzakelijk in de donorband plaatsvindt, kon de bewegelijkheid van de electronen in deze band worden bepaald. Deze bewegelijkheid neemt toe met de donorconcentratie en ook met de electronenconcentratie in de donorband. De bij kamertemperatuur gevonden waarden van thermo-e.m.k.'s en de afhankelijkheid van de Hall-constante van de temperatuur konden worden verklaard door een effectieve electronenmassa $m^* = 0{,}2$-$0{,}3\ m_0$ aan te nemen (m_0 = massa van het vrije electron). Bij geringe donorconcentraties liggen de donorenergieniveaus 0,01-0,02 eV beneden de normale geleidingsband; bij donorconcentraties groter dan 10^{18} per cm³ is dit energieverschil tot nul afgenomen.

Van in het donker niet geleidende kristallen werden bij bestraling met licht van de groene kwiklijn (0,5 W/cm²) het geleidingsvermogen en de Hall-constante gemeten. Werden de kristallen bovendien met infrarood bestraald, dan nam het aantal geleidingselectronen af. Uit capaciteitsmetingen werd voor deze kristallen een diëlectrische constante $\varepsilon_s = 11{,}6 \pm 1{,}5$ gevonden. De electronenbewegelijkheid, die boven 200 °K alleen wordt bepaald door de thermische roostertrillingen, kon worden berekend door zowel de zg. „acoustische" als de „optische" trillingswijzen te beschouwen. De acoustische trillingswijzen alléén hebben een electronenbewegelijkheid tot gevolg welke gegeven wordt door de bekende formule $\mu_{ac} = aT^{-3/2}$, waarin $a = 3 \cdot 10^6$-$8 \cdot 10^6$ cm² °K$^{3/2}$/V sec blijkt te zijn. Uit de berekeningen volgt verder een karakteristieke temperatuur $\Theta_0 = 250$-300 °K voor de longitudinale optische trillingswijzen, terwijl voor m^*/m_0 weer de waarde 0,2-0,3 wordt gevonden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!